مقدمة

فى ادارة الانتاج والعمليات

دكتور

حسين عطا غنيم

دكتوراه فى بحوث العمليات من جامعة ولاية نورث كارولينا برالى
ماجستير فى الأدارة المالية - كلية التجارة جامعة القاهرة
دبلوم معهد الدراسات والبحوث الاحصائية جامعة القاهرة
مدرس بقسم ادارة الأعمال - كلية التجارة جامعة القاهرة

١٤٠٣هـ - ١٩٨٣م

ملتزم الطبع والنشر
دار الفكر العربى
٦ (١) شارع جواد حسنى - القاهرة



مقدمة
فى ادارة الانتاج والعمليات

دكتور

حسين عطا غنيم

دكتوراه فى بحوث العمليات من جامعة ولاية نورث كارولينا ير إلى
ماجستير فى الادارة المالية - كلية التجارة جامعة القاهرة
دبلوم معهد الدراسات والبحوث الاحصائية جامعة القاهرة
مدرس بقسم ادارة الأعمال - كلية التجارة جامعة القاهرة

١٤٠٣ هـ - ١٩٨٣ م

ملتزم الطبع والنشر

دار الفكر العربي

٦ (١) شارع جواد حسنى - القاهرة

بسم الله الرحمن الرحيم

تقـــــديم

لقد مر الفكر الإدارى بمراحل مختلفة إبتداء بالمدرسة العلمية التى أنشأها تايلور والتى ركزت على ضرورة تطبيق مجموعة من المبادىء العلمية التى تساعد فى رفع إنتاجية العامل ، ثم جاء فايول فى أواخر العشرينات من هذا القرن وتزعم المدرسة الإدارية التى اهتمت أساساً بنشاط المديرين وأبرزت بشكل واضح الفرق بين الوظائف الإدارية والوظائف الفنيـة ، وكيف أن الحاجة إلى الوظائف الإدارية تزداد كلما تدرجنا إلى مستويات الإدارة العليا ، ثم تلى ذلك المدرسة السلوكية والتى اهتمت ببيان أثر النواحى الإنتاجية على الفرد ومستوى أدائه ، ثم ظهرت مدرسة إتخاذ القرارات وماصاحبها من ظهور بحوث العمليات والتى تشمل أساسا فى استخدام الأساليب الرياضية كأداه فى تمكين الإداره من التعامل مع المشاكل المعقده وتوجيهها نحو إتخاذ القرارات الرشيده .

وقد ساعد على نمو هذا الإتجاه العلمى الجديد التقدم الملحوظ فى فروع العلوم المختلفه كالإحصاء والرياضه وكذا التقدم الهائل فى صناعة الحاسبات الإلكترونية وماتوفره من إمكانيات هائلة فى التعامل مع العمليات الحسابيه المعقده .

وقد روعى فى هـذا الكتاب تحقيق نقطتين ، تتمثل الأولى فى ضـرورة تقديم معالجة سهلة وبسيطه إلى أنها شامله لكافة الموضوعات المتعلقة بإداره الإنتاج أو كما نسميها حاليا بإدارة العمليـات ، وذلك حتى يسهل على الطالب

للمبتدىء من ناحية والممارس لهذه الوظيفة من ناحية أخرى إستيعاب الأساسيات والمفاهيم العلمية الخاصة بهذا المجال ، وتتمثل النقطة الثانية فى الإبتعاد عن الإثباتات الرياضة الخاصة بالأساليب الكميه التى سنتناولها فى هذا الكتاب إذ تناول المؤلف الكثير من هذه الإثباتات الرياضية فى كتاب مقدمة بحوث العمليات حتى يتاح للقارىء المتخصص معرفة حقيقة الأداة التى يستخدمها وحتى يمكن له تطويعها فى حل كثير من المشاكل التى تواجهه فى الحياه العملية .

وأود أن أتقدم بالشكر الى كل من سبقنى بإثراء المكتبه العربيسة بكتابات فى هذا المجال وأخص بالذكر الدكتور عاطف عبيد والدكتور شوقى حسين والدكتور إبراهيم هيمى والدكتور أحمد سرور .

كما أتقدم بالشكر إلى كل من ساهم فى إخراج هذا الكتاب وأخص بالذكر فى هذا الصدد أسرتى الصغيره زوجتى وأبنى هاشم وأبنتى هويدا لما قدموا إلى من العون والوقت اللازم لكتابة هذا الكتاب .

وأتمنى من الله العلى القدير أن أكون بذلك قد ساهمت فى إضافة شئ إلى المكتبة العربية ، وإلى إشباع جزء من رغبات وإحتياجات قراء هذه المكتبة ، والله ولى التوفيق ، المؤلف

د. حسين عطا غنيم

فهـــــــــرس

المحتويات	الصفحة

المحتويات | الصفحة

المحتويات | الصفحة

المحتويات	الصفحة

المحتويات	الصفحة

المحتويات	الصفحة

المحتويات صفحة

المحتويات | صفحة

المحتويات | صفحة

المحتويات	صفحة

المحتويات | صفحة

الفصل الأول

مفهوم وطبيعة وتطور وظيفة الإنتاج والعمليات

١ – ١ مقدمة :

ينعم الإنسان فى العصر الحالى بعدد هائل من السلع والخدمات التى تشبع حاجاته ، كما أن هذه السلع والخدمات عرضه للإضافه والتعديل والحذف بشكل مستمر الأمر الذى يصعب معه التنبؤ بما سوف يكون عليه الحال فى المستقبل القريب . فقد بين توفلر Alvin Toffler فى كتابه الشهير[١] ، أنه إذ تم تقسيم الـ ٥٠,٠٠٠ سنه الأخيرة والتى تمثل حياة الإنسان إلى فترات طول كل فترة منها ٦٢ سنة تقريبا والتى تمثل متوسط الحياة للفرد ، فإنه يمكن بذلك تقسيم الـ ٥٠,٠٠٠ سنة هذه إلى ٨٠٠ فترة قضى الإنسان الأول منها ٦٥٠ فترة فى الكهوف ، وأنه فى خلال الـ ٧٠ فترة الأخيرة قد عرف الكتابة ، أما الطباعة فقد عرفت فقط فى الستة فترات الأخيرة ، وتم قياس الوقت بطريقة دقيقة فى الأربع فترات الأخيرة ، كما تم استخدام الآلات الكهربائية فى الفترتين الأخيرتين ، أما باقى الكم الهائل من السلع والخدمات فقد عرفت فقط فى الفترة الاخيرة من حياة الإنسان .

ولذا تهتم كثير من المنظمات الكبيرة مثل الـ IBM للحاسبات الآلية وشركات السيارات وغيرها من الشركات الكبيرة بالدراسة المستمرة للظروف المستقبلة حتى يمكن توقع المشاكل التى يمكن أن تواجهها هذه الشركات بسبب الرغبة المستمرة فى مواجهة التغيرات السريعة والمستقبلة ، وحتى يمكنها إجراء التعديلات اللازم .

---

(١) Toffler, Alvin, Future Shock. Ch. I. New york. Random House. 1970 .

إدخالها على العمليات التى تجرى على مدخلات هذه المنظمات وبالشكل الذى يؤدى إلى الحصول على الأشكال الجديدة والمتطورة للمخرجات من السلع والخدمات .

وتمثل عملية إدارة هذه العمليات الخاصة بتحويل مدخلات النظام إلى مخرجات فى شكل سلع وخدمات تشبع رغبات وحاجات المستهلكين لب وأساس علم إدارة الإنتاج أو فى معناه الواسع إدارة العمليات .

Production/Operations Management (POM)

١ — ٢ مفهوم وظيفة الإنتاج :

توجد وظيفة إدارة الإنتاج فى أى منظمه من منظمات الأعمال شأنها فى ذلك شأن وظيفة التمويل والتسويق . فبينما تهتم وظيفة التمويل بتوفير مصادر الأموال وإستخدامها ووظيفة التسويق ببيع وتوزيع المنتجات والخدمات التى تقدمها المنظمة ، فإن وظيفة الإنتاج تمثل الضلع الثالث لهذا المثلث الرئيسى لوظائف المشروع ، وفيها يتم إستخدام الأموال التى توفرها الإدارة المالية فى شراء المواد والآلات وتشغيل العمال من أجل تحويل مجموعة المدخلات هذه إلى سلع وخدمات والتى تتولى بيعها وتوزيعها إدارة التسويق .

أى أن الإنتاج هو العملية التى بموجبها يمكن أن تقدم السلع أو الخدمات إلى المستهلك ، ويمكن فيما يلى توضيح العناصر الثلاثة للعملية الانتاجية .

١ — ٢ — ١ المدخلات :

تبدأ الوظيفة الإنتاجية بتوفير وتشغيل المدخلات ، إذ يتطلب تقديم أى منتج أو خدمة إستخدام مجموعة كبيرة من المواد الخام والآلات والعمالة ، فتقوم مثلا شركة جنرال موتورز الأمريكية بتشغيل مئات الآلاف من العمال إبتداءاً بالعمال غير المهرة والعمال نصف المهرة والعمال المهرة والملاحظين والمشرفين

والفنيين ، هذا بالإضافة إلى قيامها بإستخدام آلات ومعدات ومواد خام تزيد قيمتها على بلايين الدولارات وبما يزيد على ٩٠ مليون دولار يومياً ، وذلك لإنتاج ملايين السيارات المطلوبة . وعلى العكس من ذلك قد نجد بعض المشروعات الصغيرة توظف عدد محدود من العمال وتستخدم عدد محدود من المعدات والآلات . إلا أن كلا النوعين من المشروعات يقوم أساسا بتقديم السلع أو الخدمات إلى المستهلك .

ونشير هنا إلا أن تعدد قائمة المدخلات من المواد الخام والمعدات والآلات اللازمة الكثير من المشروعات يلقى عبئا كبيرا على إدارة الإنتاج التى تقوم بإدارة وتشغيل هذه المدخلات ، إذا يؤدى عدم توافر أى نوع من المواد الخام أو قطع الغيار إلى تعطل العملية الإنتاجية كلها ، الأمر الذى يظهر أهمية مراقبة المخزون من أجل ضمان توافر هذه المواد والمهمات بشكل صالح للاستعمال ، كما أن توقف أى آلة لسبب من الأسباب قد يؤدى إلى توقف المصنع ككل ، كما أن تعدد وتنوع الأيدى العاملة يزيد ولا شك من العبء الملقى على إدارة المشروع .

وتقع مهمة توفير المدخلات الرأسمالية كالأرض والمبانى والآلات بصفة عامة على عاتق الإدارة العليا فى المنظمة ، والتى عادة ما تلجأ إلى المكاتب الإستشارية الخارجية فى هذا الصدد خاصة إذا ما تميزت هذه الأعمال بعدم التكرار كما هو الحال فى معظم المنظمات . إلا أنه فى أحيان أخرى كما هو الحال بالنسبة لشركات الفنادق الكبيرة ومتاجر السلسلة التى تقوم بفتح فروع جديدة بشكل مستمر فى الأماكن المختلفة ، فإن الأمر يقتضى فى هذه الحالة وجود فريق عمل دائم لتوفير هذه المدخلات الرأسمالية الخاصة بالمنظمة .

أما المهمة الخاصة بتعبئة الأفراد فتقع أساسا على عاتق مدير الأفراد الذى يتولى عمليات القيام بأعمال الإعلان عن الوظائف وتنظيم المقابلات الخاصة

براغبى العمل واختبارهم وإختيار الصالح منهم وتعينهم وتسكينهم على الوظائف المناسبة ، وتقييم أدائهم وتحديد مكافآتهم وتقرير إنهاء خدمتهم . كما تقدم إدارة الأفراد الخدمات اللازمة لباقى المنظمة وذلك عن طريق توفير الأيدى العاملة فى الوقت وفى الوظيفة المناسبة وكذا تدريب الأفراد وتنمية كفايتهم .

وتتولى إدارة المشتريات مهمة توفير المواد الخام وهى عملية لاتقل فى أهميتها بلا شك عن عملية تصنيعها ، وبالتالى رغم أن العاملين بإدارة أو قسم المشتريات قد يمثلون نسبة ضئيلة من حجم العمالة فى المشروع إلا أن لها تأثير أساسيا وفعالا على ربحية المشروع . وسوف نتناول هذا الجانب الخاص بتوفير المواد الخام بما يتفق مع خطة الإنتاج بشىء من التفصيل فى الفصل السابع من هذا الكتاب .

١ — ٢ — ٢ العمليات التحويلية :

ويتمثل ذلك فى العمليات الخاصة بتحويل المدخلات التى يتم تجميعها فى صورة سلع أو خدمات أكثر نفعا وصلاحية لإشباع حاجات المستهلك .

وقد يتمثل المستهلك الخاص بهذه السلع والخدمات فى المستهلك النهائى أو فى منشأة أخرى تقع كحلقة من حلقات سلسلة تحويل المواد الطبيعية إلى صورة سلع وخدمات نهائية تشبع رغبات المستهلك النهائى .

ويجدر الإشارة هنا إلى بيان الفرق بين تكنولوجيا عملية التحويل technology of transformation وبين الأساليب والطرق المتبعة فى إجراء عملية التحويل هذه methedology of transformation إذ تشير تكنولوجية التحويل إلى الأسس العلمية المتبعة فى تحويل المدخلات إلى المخرجات المطلوبة والتى عادة ما تكون متشابهة داخل الصناعة الواحدة، إلا أنها تكون مختلفة تماما عنها فى الصناعات الأخرى . فالتكنولوجيا المتبعة مثلا فى صناعة البترول الخاصة

بتحويل البترول الخام إلى منتجات نهائية كالبنزين والكيروسين والأسفلت وغيرها من المنتجات البترولية ، لا تختلف كثيرا داخل صناعة البترول ، إلا أنها تختلف تماما عن التكنولوجيا الخاصة بصناعة منتجات الالبان مثلا والخاصة بتحويل اللبن إلى منتجات نهائية كالجبن والزبد والايس كريم وغيرها من منتجات الألبان .

إلا أن إختلاف التكنولوجيا فى الحالتين لا يحول دون تشابه أساليب وطرق عمليات التحويل methodology of transformation ، الامر الذى يؤدى إلى إمكانية تطبيقها فى كلا الحالتين. فالمشاكل الخاصة بالتخطيط والمراقبة والتخزين والشحن وبصفة عامة مشاكل الادارة فى كلا الصناعتين تتشابه إلى حد كبير .

وسوف نهتم فى هذا الكتاب بطرق وأساليب عمليات التحويل هذه ، مع ضرب بعض الأمثلة من الصناعات المختلفة كلما أمكن ذلك . فأساسيات عمليات التخزين والطرق المستخدمة فى كلا الحالتين واحدة تقريبا .

ولذا فان المبادىء العلمية الخاصة بادارة الإنتاج والعمليات (POM) تنطبق على المصانع والمتاجر والمستشفيات والفنادق وشركات المقاولات وشركات إصلاح السيارات وكذا الأجهزة الحكومية والجامعات وغيرها من المنظمات المختلفة .

١ — ٢ — ٣ المخرجات :

يسهل تميز مخرجات أى شركة ، إذ تتمثل مخرجات شركة لإنتاج السيارات فى السيارات ومخرجات مطعم معين فى المأكولات ومخرجات الجامعة فى عدد ونوعية الخرجين ، إلا أنه نادراً ماتتمثل مخرجات منظمة ما فى نوع واحد فقط بل عادة ما تتعدد بشكل كبير ، فنجد أن منتجات شركة لإنتاج السيارات تتنوع من حيث حجم السيارات المنتجة وشكلها الخارجى وألوانها ، كذلك قد تنتج الثلاجات ، كما أنها تقدم بالإضافة إلى السلع المادية الملموسة الكثير من الخدمات

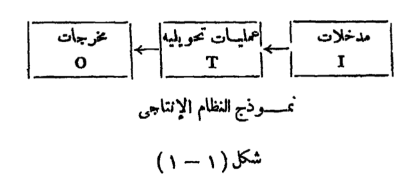
والتى قد تتمثل فى الضمانات المقدمة للمستهلك والشروط التمويلية الميسرة وتدريب المستهلك على كيفية الاستعمال وغيرها من المخرجات المختلفة .

وهنا يجب على المنظمة دراسة سلسلة المخرجات الممكنة فقد تتكمل بعض المخرجات بعضها البعض الآخر وعلى العكس من ذلك قد تتعارض بعضها مع بعض المخرجات الأخرى .

ونشير هنا إلا أنه وإن بدأت عملية التصنيع بالحصول على الخامات ثم إجراء العمليات عليها وتحويلها إلى منتج نهائى ، إلا أنه من ناحية إتخاذ القرار عادة ما تبدأ بطريقة عكسية ، إذ تبدأ المنشأة بتصميم المنتج النهائى ، والتنبؤ بالمبيعات الممكنة ، ثم ترجمه ذلك إلى عمليات إنتاجية معينة مع تحديد المدخلات اللازمة للوصول إلى هذا المنتج النهائى بالمواصفات والكميات المطلوبة . أى أن المخرجات النهائية تعد بمثابة الهدف الذى يبدأ منه إشتقاق باقى القرارات .

١ — ٣ إدارة الإنتاج والعمليات كنظام :

إذا نظرنا الى الإنتاج كنظام ، فان السلع أو الخدمات هى مخرجات هذا النظام ، وتستخدم بعض المدخلات لإنتاجها خلال العمليات الإنتاجية ، وعليه فانه يمكننا تعريف نظام الإنتاج على أنه تحويل المدخلات I الى مخرجات O خلال العملية الإنتاجية T حيث $T(I) = O$



نمـــوذج النظام الإنتاجى

شكل (١ — ١)

وحتى يحقق النظام الإنتاجى الكفاءة المطلوبة يجب أن تزيد قيمة المخرجات عن التكلفة الإجمالية للمدخلات وبالتالى يتحقق الربح .

ولضمان تحقيق أهداف النظام الإنتاجى يجب أن يتم تصميمه أولا ، ثم تجىء مرحلة التنفيذ ، ثم القيام بمراقبته ومتابعة العمليات الإنتاجية داخله من أجل ضمان انتاج السلع والخدمات بالمواصفات السابق ، تحديدها ، ويوضح الجدول التالى مراحل دورة حياة النظام .

المرحلة الأولى الدراسة والتصميم	المرحلة الثانية التنفيذ والإنشاء	المرحلة الثالثة التشغيل والمراقبة والتقييم
— التعرف على المشكلة	تفاصيل تصميم النظام	التشغيل الفعلى
— تحديد الأهداف	تصميم نوع المعلومات	تحليل الكفاءة التشغيلية
— دراسة النظام القائم	وضع البرامج	تعديل النظام
— تحديد متطلبات النظام الجديد	اختيار النظام	صيانة النظام
— تصميم النظام الجديد	الإعداد لتشغيل النظام	

مراحـــل دورة حيـــاة النظام

جدول رقم (١ — ١)

وتهدف المرحلة الأولى الى وضع نظام للمشروع أو أى جزء فيه (تسويق - انتاج — تمويل) وحتى يمكن تحقيق ذلك فانه يصبح من الضرورى التعرف على المشاكل التى يراد حلها ، وكذلك تحديد وبلورة الأهداف الخاصة بالنظام وجمع المعلومات المتعلقة بذلك ، ويتطلب ذلك تعاونا وثيقا بين كل من محللى النظم ورجال الإدارة وعليهم أن يأخذوا فى الحسبان الإمكانيات والموارد اللازمة لتنفيذ العمل ، وتكون الخطوة الأخيرة هى اعداد تقرير يتضمن الملامح الأساسية للنظام الجديد .

أما المرحلة الثانية فتهدف إلى تنفيذ النظام المقترح وذلك بتحويله من مجرد خطة عمل إلى حقيقة ملموسة ، ويتطلب هذا شرح تفاصيل النظام وذلك بتصميم أنواع المدخلات والمخرجات الخاصة به وكتابة برامج الحاسب الالكترونى ، كذلك فإنه يجب إختبار تدفق البيانات داخل النظام ويتم هذا بمقارنة عمليات الحاسب الالكترونى للنظام الجديد من ناحية وعمليات ونتائج النظام القديم من ناحية أخرى ، وبعد ذلك تأتى عمليه التحويل إلى النظام الجديد كلية بعد مرور فترة كافية للتأكد من دقة عملياته وإمكان الاعتماد على نتائجها .

أما المرحلة الثالثة فهى تلك التى تتعلق بتشغيل وتقييم وتعديل النظام الجديد، فقد يظهر الكثير من المشاكل أو الأخطاء أثناء التشغيل ، وقد يستدعى الأمر ضرورة إجراء بعض التعديلات للتغلب على المصاعب التى لم يكن بالإمكان التنبؤ بحدوثها سلفا، ومن ناحية أخرى فقد يستوجب الأمر ضرورة عمل بعض التعديلات لتتمشى مع ماتمليه البيئة الخارجية من متطلبات ، مثل التغير فى قوانين الضرائب أو الاستيراد . . إلخ ، وأخيراً فإنه يجب القيام بصيانة النظام حتى يمكن ضمان بقائه فى حالة صالحة للعمل وبمستوى كفاءة معينة ، ويجب أن نشير إلى أن هذه المراحل الثلاثة لدورة النظام ليست منفصلة تماما ، وإنما تتداخل مع بعضها البعض فى كثير من الأحيان .

ومن أجل مسايرة التطور ، كان لزاما على الإدارة دائماً أن تقوم بإعادة تصميم الكثير من أنشطتها سواء كان ذلك متعلقاً بتطوير خطوط منتجاتها كإضافة منتجات معينة إلى خطوط المنتجات القديمة أو الإستغناء عن بعض منها وما يصاحب ذلك من تطوير للتنظيم ذاته كإضافة إدارات أو أقسام جديدة أو التخلص من بعض الأقسام القائمة ، الأمر الذى يؤدى فى النهاية إلى تعقيد صورة التنظيم ، إلا أن الأمر الهام هو أن القاعدة الأساسية التى يقوم عليها أى نظام هو ضرورة تصميمه كوحدة متكاملة مبنية على أهـــداف محددة يجب تحقيقها وليس على أشخاص أو معدات معينة .

١ — ٤ تقديم الخدمات :

كثيراً مايفهم الإنتاج أو النشاط الإنتاجي على أنه الإنتاج الصناعي فقط ، ويرجع ذلك إلى أن مشاكل الإنتاج لم تظهر بوضوح إلا فى المصانع ، كما أن الابحاث والتجارب العلمية التى قام بها رواد الإدارة الأوائل تركزت كلها داخل المصنع ، وحتى البحوث العلمية التى تتم إلى وقتنا هذا فى مجال الإنتاج مازالت تنصب على المشاكل الإنتاجية فى الصناعة .

إلا أن فيما سبق تصوراً واضحاً عن المعنى الشامل الذى يشمله الانتاج ، فلفظ الإنتاج فى معناه الواسع يشمل مختلف صور الإنتاج الصناعى والزراعى وإنتاج الخدمات المختلفة ، ومن ثم فان النشاط الإنتاجى يشمل كل الأنشطة أو العمليات اللازمة لإنتاج سلعة أو تقديم خدمة وهذاهو السبب فى إنتشار إستخدام اصطلاح إدارة العمليات بدلا من إدارة الإنتاج فى السنوات الأخيرة .

إذ يمكن إستخدام كثيراً من الأسس والمبادىء التى نشأت أصلا لخدمة الإنتاج فى المصانع وتطبيقها فى المنظمات الغير صناعية بما فى ذلك منظمات الخدمات والتى قد لاتهدف أيضاً إلى تحقيق أرباح ، ويتمثل الفرق فى استخدام هذه المبادىء العلمية فى نقطتين أساسيتين فقط هما :

— إختلاف درجة الأهمية من مشروع لآخر ، فلاشك أن إدارة المواد الخام فى أحد البنوك له تأثير أقل بكثير فى إنجاح أعمال البنك عنه بالنسبة لتأثير إدارة المواد الخام فى إنجاح أعمال أحد المشروعات الصناعية ، ولذا فإن حجم الجهـــد ودرجة التعقيد فى الرقابة على المخزون تقل كثيراً فى البنوك عنها فى المشروعات الصناعية .

— إختلاف المصطلحات وإختلاف التكاليف والوقت وغيرها من المقاييس المستخدمة ، فتستخدم نظرية صفوف انتظار مثلا كأداه لتحديد حجم الطاقة

وكذا فى جدولة أوامر الإنتاج فى المنشآت الصناعية ، إذ يتم الموازنة بين تكاليف إنتظار المواد الخام تمهيداً لإتمام عملية التصنيع الخاصة بها وبين تكاليف إضافة آلات جديدة وإحتمال بقائها عاطلة فى أوقات قلة الإنتاج . وهنا يمكن تطبيق نفس النموذج فى المستشفيات مع إختلاف المصطلاحات ؛ فيقابل المواد الخام والآلات فى المشروع الصناعى المرضى والأطباء المقيمون فى المستشفيات .

ورغم صعوبة تحـــديد تكلفة إنتظار المرضى فى المستشفيات عنه بالنسبه لتحديد تكلفة إنتظار المـــواد الخام لعمليات التشغيل ، إلا أنه ليس من المستحيل تحديدها .

وعلى هذا الأساس فإنه مع زيادة مشروعات الخدمات بشكل مستمر ، فإنه من الضرورى تطوير وتطويع مبادىء إدارة الإنتاج بشكل مستمر لكى يمكن إستخدامها فى مجال الخدمات . ورغم ضخامة التحديات التى سوف تواجهنا فى هذا الصدد ، إلا أن العائد المتوقع يبرر مواجهة مثل هذه التحديات .

١ — ٥ نشأه وتطور إدارة الإنتاج :

تعتبر وظيفة الإنتاج من أقدم الوظائف التى مارسها الإنسان على مر العصور ، أيا كان شكل التنظيم الذى تتم داخله . فقد ظهرت عمليات التصنيع مع إنتاج أول أداه ساعدت الإنسان الأول على اداء أعماله ، ثم أخذت عمليات التصنيع فى التطور المستمر حتى وصلنا اليوم إلى الحد الذى نجد عنده أن معظم الأشياء التى تقع عليها أبصارنا هى فى الحقيقة منتجات تم تصنيعها .

ورغم أن ظهور عمليات التصنيع يرجع كما سبق إلى العصور الأولى مع نشأة أول أداه تساعد الإنسان الأول فى أداء أعماله ، ورغم التقدم الثابت والمستمر فى الأعمال الصناعية ، إلا أن الدراسات الخاصة بإدارة الإنتاج تعد من الموضوعات الحديثة نسبيا والتى يرجع تاريخها إلى الـ ٢٠٠ سنة الأخيرة فقط ، بل يمكن القول

أن تناول هذا الموضـــوع بشيء من التفصيل لم يبدأ حقيقة إلا فى الـ ٨٠ سنة الأخيرة فقط .

فرغم التقدم الصناعى نسبيا فى القرن الخامس عشر وظهور بعض الصناعات الكبيرة مثل صناعة السفن ، إلا أن الاسواق المتاحة أمام هذه الصناعات بالإضافة إلى أنظمة التوزيع وغيرها من الخدمات المعاونة لم تكن بالحجم الكاف الذى يمكن من ظهور نظام الإنتاج الكبير فى ذلك الوقت . كما أن التكنولوجيا المتوافرة فى ذلك الوقت لم تكن كافية لإمكان إنتاج بعض الاجزاء بشكل كبير يمكن معه إحلال بعض الاجزاء المستهلكة للسلع المصنعة بهذه الاجزاء النمطية والمماثلة للأجزاء المستهلكة تماما . ثم تلى ذلك ظهور صناعة النسيج فى القرن الثامن عشر وإنتشار الحركة الصناعية بالعالم .

وتعتبر سنة ١٧٧٦ بداية الطريق الذى سار فيه الكثيرون ممن وضعوا الأسس العلمية لإدارة الإنتاج ، فقبل ذلك كان أصحاب الحرف ينتجون ما يكفى حاجاتهم الشخصية أو يقومون باستبدال جزء من إنتاجهم بمنتجات أخرى يحتاجونها من إنتاج الحرفيين الآخرين ويتم ذلك بالاستعانة بأدوات إنتاج بسيطة يمتلكونها ، وعلى هـذا كان صاحب العمل هو المدير والمالك والعامل . وإذا إحتاج إلى معاونة ما فى القيام بالعمل فعادة ما كان يتم ذلك من أفراد الاسرة ، أى أن عنصر رأس المال وعنصر الإدارة وعنصر العمل كلهم كانوا متحدين ومتمثلين فى شخص واحد ، ومن ثم فإن نظام المصنع بمفهومه الحالى لم يكن له وجود تقريباً .

وقد جاء آدم سميث بكتاباته المشهورة فى كتابه « ثروة الامم » عام ١٧٧٦ الذى يعتبر دعامة أساسية فى تطور إقتصاديات الإنتاج وأوضح أهمية تطبيق مبدأ تقسيم العمل فى أى مشروع والمزايا العديدة التى تنتج عنه ، وجاء شارلز بابيج ليدعم النتائج التى وصل إليها آدم سميث .

وقد صاحب تلك الفترة وتلاها تقدم صناعى كبير ، حيث زاد عدد المشروعات الصناعية واتسع حجمها ، وزاد الطلب على المنتجات الصناعية وبالتالى زادت الكميات المنتجة من السلع وتنوعت .

ولاشك كان لكل هذه التغيرات آثارها الواضحة على الإدارة ، فأصبحت مهمتها أكثر تعقيداً عن ذى قبل ، ولم يعد الأمر كما كان من قبل مقتصراً على المشروع الفردى ، بل أصبحت هناك المشروعات والشركات الكبيرة ، ومن ثم انفصل عنصر العمل عن رأس المـــال الذى انفصل فيما بعد كذلك عن عنصر الإدارة ، وبالتالى ظهر التعارض فى المصالح والأهداف الخاصة بكل من هـذه العناصر ، كل هذه المشاكل والتناقضات كانت بمثابة ضغوط قوية على الإدارة دفعتها إلى التفكير فى الوصول إلى وسائل علمية لمواجهة وحل هذه المشاكل الجديدة وحتى تساير التطور الفنى الذى حدث فى الصناعة سواء فى نوعية الآلات أو مصادر الطاقة المستخدمة فى تشغيلها ، وعلى هذا كان لابد من ثورة إدارية تساير الثورة الصناعية التى غيرت من وجه المجتمع حينذاك .

ثم جاء فردريك تايلور فى أوائل القرن الحالى وقام بدراساته وتجاربه التى تعتبر نقطة تحول فى الإدارة العلمية ، وقد ركز تايلور إهتمامه ومعظم أبحاثه على المستوى التنفيذى للمشروع ، وقام بالعديد من التجارب بهدف الوصول إلى أساليب يمكن اتباعها من أجل زيادة الإنتاج ، ولهذا اهتم بمراقبة العامل وبحث فى تصميم طرق العمل وفى إيجاد حوافز تدفع العامل لأداء هذا العمل بكفاءة ودقة ، إلا أن أهم ماقدمه تايلور هو مبـدأ فصل الأعمال التخطيطية عن الأعمال التنفيـذية .

وقد ظل الفـكر الإدارى الذى قدمه تايلور أساساً متيناً للكثيرين من بعده من الباحثين فى المشكلات الإدارية والإنتاجية بصفة خاصة ، كما تعتبر أفـكاره ومبادئه هى الدعامة التى قامت عليها الكثير من الأبحاث التى طورت فروع الإدارة الأساسية .

وجاء بعد تايلور الكثيرون مثل « جانت » صاحب الخرائط المعروفة باسمه كذلك فرانك وليليان جلبرث وإيمرسون وغيرهم ، إلا أن أحداً منهم لم يخرج عن المنهج الأساسى الذى خطه تايلور أو عن الفلسفة العامة التى سادت كتاباته .

ثم ظهر الإنتاج الكبير فى القرن العشرين بفضل ظهور بعض رجال الأعمال مثل هنرى فورد الذى قام بتطبيق المبادىء العلمية السابقة وشيد إمبراطورية صناعية هائلة والتى كانت بداية لظهور العديد من السلع المصنعة الأخرى التى نستخدمها الآن . كما شهد القرن الأخير الكثير من الكتابات حول ظروف العمل وضرورة تحسينها ، فقد أدت كتابات أبتون سنكلير إلى تدخل الحكومات وظهور الحركات العمالية التى عملت على حماية العمال وتوفير ظروف عمل ملائمة لهم.

ثم حدثت طفرة واضحة فى مجال الإدارة نتيجة ظهـــور بعض الأساليب الإحصائية واستخدامها لمراقبة جودة الإنتاج فى الصناعة ويعتبر Walter Shewort رائداً فى هذا المجال .

وقد ساعدت الأبحاث التى تمت خلال العمليات الحربية فى الحرب العالمية الثانية على التوصل إلى الكثير من الأساليب الرياضية الجديدة التى تساعد فى إتخاذ القرارات وفى حل المشكلات الإنتاجية المختلفة ، وأهم ما ظهر فى تلك الفترة هو البرمجة الخطية التى ساعدت بشكل كبير على مواجهة المشاكل المختلفة والتوصل إلى أفضل الحلول الممكنة لها ، وكان ذلك نقطة البداية لظهور ما يعرف حالياً ببحوث العمليات Operations Research ، ومنذ هذه النشأة فقد تمثلت بحوث العمليات فى اشتراك مجموعة من العلماء فى التعبير عن المشكلة فى شكل نموذج رياضى ثم محاولة الوصول إلى حل لهذا النموذج الرياضى وذلك بالشكل الذى يمكن من حسن استغلال الموارد المتاحة .

ولقد أدت النتائج المشجعة التى آمكن التوصل إليها فى الأبحاث العسكرية ، إلى قيام رجال الصناعة بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية بمحاولة الاستفادة منها ، وقد ظهرت الحاجة إلى ذلك فى تلك الفترة بشكل كبير بسبب التخصص الوظيفى

فى أداء أنشطة المشروعات ، وما صاحب ذلك من ضرورة التنسيق بين هـذه الأنشطة المختلفة داخل المشروع والعمل على حسن توزيع الموارد المتاحة بينها بما يحقق الاهداف العامة للمشروع .

ولاشك أن ظهور الحاسب الآلى كان بمثابة العلامة الأساسية فى تاريخ تطور علم إدارة الأعمال بصفة عامة وإدارة الإنتاج والعمليات بصفة خاصة ، إذ لم يقتصر تطبيقاته فقط على الأعمال المحاسبية والاعمال الخاصة بالأفراد بل تعداها إلى النواحى المالية ونواحى التسويق والانتاج . ولاشك أن الاستخدام المستمر للحاسب الآلى فى مجال إدارة الإنتاج سوف يؤدى إلى الإستغناء عن العمالة فى أداء بعض الاعمال الروتينية المتكررة ، وفى مقابل ذلك سوف تظهر الحاجة إلى خلق العديد من الوظائف الجديدة التى أصبح من الممكن تأديتها فى ظل وجود حاسب آلى بعد أن كان من الصعب بل من المستحيل تأديتها لما تطلبه من عمليات رياضية كثيرة ومعقدة .

١ — ٦ مستقبل ادارة الانتاج والعمليات :

رغم مايحيط بالتنبؤ بالمستقبل من عدم تأكد ، إلا أنه يمكن تحديد ملامح الاتجاه العام لمجالات انتاج السلع والخدمات وذلك فيما يلى :

١ — ٦ — ١ التقدم التكنولوجى الهائل :

من المتوقع حدوث تطور تكنولوجى هائل فى السنوات المقبلة سواء كان ذلك بالنسبة للمنتجات الجديدة أو بالنسبة لطرق تصنيع هـذه المنتجات ، فقد حلت على سبيل المثال الألياف الصناعية والبلاستيك محل القطن والجلود فى كثير من المنتجات ، الأمر الذى غير من طبيعة العمل فى كثير من الصناعات وظهور بعض الصناعات وتلاشى البعض الآخر .

كما يتوقع أن تتحول شركات البترول إلى صناعة البتروكيماويات أساساً

مع ظهور بدائل أخرى للطاقة خلاف البترول ، كما أن صناعة الإلكترونات سوف تقدم لنا منتجات جديدة لم تعرف من قبل وذلك كما هو الحال فى مجال صناعة الساعات .

كما يتوقع إستخدام أمثل للفضلات كاستخدامها كوقود للسيارات أو فى صناعة السماد أو مصدراً للطاقة .

١ — ٦ — ٢ زيادة درجة الميكنه :

من المتوقع إحلال الآلات بشكل مستمر محل الأعمال اليدوية كلما كان ذلك ممكنا ، إذ يؤدى ذلك إلى زيادة متوسط الإنتاجيه للفرد ، فيصبح المزارع قادراً بدرجة أكبر على زيادة إنتاجية الفدان ، وتصبح شركات التعدين قادرة بدرجة أكبر على إستخراج المعادن ، وهؤلاء العاملين على خطوط تجميع السيارات سوف يمكنهم تجميع عـــدد أكبر من السيارات ، وسوف يؤدى كل ذلك إلى زيادة مستوى المعيشة وتخفيض ساعات العمل لكل فرد وذلك بشرط إمكانية حل مشاكل عدم التوظف التى قد تصاحب هذا الإتجاه .

فقد كان من الصعب دائما تخيل إمكانية تحقيق درجة عالية من الأوتوماتيكية حيث تدخل المواد الخام من ناحية لتخرج بضاعة تامة الصنع من ناحية أخرى ، إلا أننا قـد إقتربنا بدرجة كبيرة من تحقيق ذلك إذ نجد درجة عالية من الأوتوماتيكيه فى المصانع اليابانية والألمانية والأمريكية ، الأمر الذى إرتفعت معه نسبة رأس المال الثابت المستخدم مقابل العامل الواحد إلى معدلات كانت تعد مستحيلة فى الماضى القريب .

كما نجد أيضا إنتشار الميكنة فى تجارة الجملة الأمر الذى أدى إلى إستبعاد كثير من الأيدى العاملة .

ولذا ومع التطور المستمر فى هـذا الإتجاه نتوقع زيادة الحاجة إلى الأيدى

العاملة الفنية ، كما سوف تزداد الحاجة إلى طبقة ادارة واعية وإلى متخصصين في أعمال التصميم والرقابة ، وعلى أن تتحول العمالة النصف ماهرة والغير ماهرة إلى صناعات أخرى تعتمد أساسا على الأيدى العاملة كما هو الحال فى صناعة الخدمات .

١ — ٦ — ٣ التركيز على صناعة الخدمات :

لقد أصبحت السمه الأساسية للإقتصاد فى أوائل السبعينات من هذا القرن هو تقديم الخدمات وذلك بعد أن توافر لدى الكثير من الأفراد الوقت والمال الكاف لخلق طلب على الخدمات ، فقد توسعت صناعة السياحة فى هذه الفترة بشكل كبير وكذا الحال بالنسبة للصناعات الترفيهية وصناعة تقديم الطعام السريع الجاهز ، حتى أصبحت قيمة المخرجات لهذه الصناعات تمثل نسبة كبيرة من الإنتاج القومى لكثير من الدول .

وكما سبق أن بينا لاتختلف صناعة الخدمات عن صناعة المنتجات السلعية إذ أنها ما زالت تقوم أساسا بعملية تحويل المدخلات إلى مخرجات تأخذ شكل خدمات ، وبالتالى لابد من تخطيط أنشطة هذه المشروعات وتصميم وجدولة ومتابعة هذه الأنشطة ، وهو الأمر الذى تحيطه الكثير من الصعاب إلا أنه ليس مستحيلا ، كما أن العائد المتوقع منه يبرر القيام به .

ولذا نتوقع ومع إستمرار التوسع فى صناعة الخدمات ظهور تطبيقات جديدة للأدوات العلميه الموجودة فعلا فى مجال تخطيط إدارة الإنتاج بالإضافة إلى احتمال ظهور أدوات جديدة سواء فى مجال تخطيط أو جدوله أو متابعة وتقييم هذه الخدمات .

١ — ٦ — ٤ إتساع نطاق التعامل للمشروعات :

من المتوقع أن تتسع وتتشابك وتتكامل العلاقات والعمليات الصناعية لتشمل

أكثر من دولة واحدة ، فتسعى كثير من المنشآت العالمية إلى تقديم السلع والخدمات ليس فقط إلى الاسواق المحلية بل أيضا للأسواق العالمية ، كما تتخطى العمليات الصناعية اللازمه لإنتاج سلعة معينة الحدود الدولية فقد يزرع القطن مثلا فى الولايات المتحدة ثم يتم تصنيعه فى أقمشة ويقطع فى أشكال مختلفة ثم يرسل إلى تيوان وكوريا وهونج كونج فى الطرف الآخر من العالم لتحويلها إلى ملابس جاهزة يتم إرسالها مرة أخرى إلى الولايات المتحدة لبيعها . كما يتم تجميع سيارات فيات الإيطالية فى مصر مستخدمين فى ذلك بعض الأجزاء التى قد تصنع فى عدد آخر من الدول .

كما نلاحظ إنتقال كثير من الصناعات مثل صناعة التليفزيون وصناعة الراديو من دولة إلى أخرى حيث توجد العمالة الرخيصة والموارد الطبيعية .

ولا شك أن هذا الإتجاه نحو ظهور المنشآت متعددة الجنسية يتوقف إلى حد كبير على تكلفة النقل من ناحية وعلى الوفاق العالمى بين الدول من ناحية أخرى .

الفصل الثانى

وظائف إدارة الإنتاج والعمليات

تتطلب عملية تحويل المدخلات إلى مخرجات فى شكل سلع أو خدمات القيام بمجموعة من الوظائف سوف تكون محل دراسة مستفيضة فى الفصول القادمة من هذا الكتاب ، إلا أننا نوجزها فيما يلى :

٢ — ١ تصميم وتطوير المنتجات والخدمات :

تعمل منظمات الأعمال وأجهزة البحث وكذا كثير من المبتكرين على تقديم منتجات جديدة ، إلا أن كثيرا من هذه المنتجات هو فى حقيقة الأمر تطوير لمنتج أو فكرة قديمة .

فإذا تذكرنا أحد المنتجات التى إتسع إستخدامها بواسطة الأطفال والشباب فى الخمسينات وهى ما كانت تسمى بالهولاهوب Hula Hoop ، فإننا نجد أن هذه السلعة ترجع إلى القرن التاسع عشر ، كما أن لعبة اليويو yo-yo للأطفال ترجع إلى قدماء المصريين . إلا أنه بالإضافة إلى هذا التطوير فى السلع القديمة وتقديمها فى تصميم أو خامة أو طريقة إستعمال جديدة ، هناك أيضا الكثير من السلع والخدمات الجديدة التى تنتج بشكل مستمر .

ومن النادر فى معظم الأحيان إمكان قيام أحد المبتكرين بتقديم فكرته الجديدة بشكل تفصيلى يسهل معها تطبيقها مباشرة ، بل عادة ما يقتضى الأمر دراسة الفكرة الجديدة وتطويرها وإختبار إمكانية تطبيقها وهو ما يستغرق عدة شهور عادة قبل إمكانية تحويلها إلى سلعة أو خدمة للمستهلك ، فعلى الرغم

من أن الفكرة نفسها قد تكون خلاقة إلا أن تنفيذها يتطلب دراسات وأبحاث عديدة ، ولذا يتضمن التنظيم الإدارى لمعظم المشروعات الصناعية الكبيرة وبعض المشروعات الصناعية الصغيرة إدارات أو اقسام لأبحاث وتطوير المنتجات وذلك لدراسة إمكانية تقديم الأفكار الجديدة من ناحية وتطوير العمليات الصناعية من ناحية أخرى .

ولاشك أن تطوير المنتجات أمر ضرورى وهام إذ لا يمكن لمشروع ما أن يضمن الإستمرار والبقاء إذا ما إقتصر دوره فقط على تقديم المنتجات التى هى نتاج أفكار الآخرين .

ونشير هنا إلى عدم شيوع هذه الوظيفة بالنسبة لصناعة الخدمات وذلك رغم أهميتها وضرورة تعميمها ، فرغم شيوع إستخدام المصطلح «خصائص المنتجات» والذى يعد المحور الأساسى لتطوير المنتجات نجد عدم شيوع المصطلح المقابل « خصائص الخدمة » سواء من حيث مستوى الخدمة ، وخط الخدمات ، والوقت الخاص بالخدمة وغيرها من الخصائص الأخرى اللازمة لتطوير الخدمة بشكل مستمر وذلك إذا ما رغب المشروع فى الوقوف فى مواجهة المنافسة .

٢ — ٢ إختيار موقع المصنع :

إن القرار الخاص بإختيار الموقع المناسب لمصانع المشروع قد يتم فى بعض الأحيان مرة واحدة فى بداية حياة المشروع أو قد يتكرر بصفة مستمرة فى مشروعات أخرى ، كما قد يكون هذا على جانب كبير من الأهمية ويتوقف عليه إلى حد كبير نجاح المشروع ، أو قد يكون هذا القرار أقل أهمية بل يعد من القرارات السهلة فى مشروعات أخرى . فالنسبة لمشروع صغير يعمل على إنتاج بعض الأدوات لأحد المشروعات الكبيرة يكون الموقع المناسب بالنسبة له هو التواجد بجوار هذا العميل الأساسى ، وعلى العكس من ذلك تماما بالنسبة لمتاجر

السلسلة التى تعمل على فتح فروع لها كل شهر بل كل أسبوع إذا نجد أن إختيار الموقع المناسب للفرد الجديد قد يكون هو أخطر القرارات والتى يتحدد فى ضوءها مدى نجاح الفرع مستقبلا .

ولتحديد الموقع المناسب يجب أن نأخذ فى الحسبان بالدراسة والتحليل عناصر التكلفة المختلفة كتكلفة الأرض والمبانى ، ودراسة معدلات الضرائب السائدة فى المنطقة ، وكذا دراسة إمكانيات التسويق والنمو السكانى ومستويات الدخل والمنافسة ، والموردين المحليين ومصادر الطاقة وغيرها من العوامل الأخرى الكثيرة والتى لها تأثيرها على عملية إختيار الموقع .

وفى ضوء أهمية هذا القرار للمنظمة ومدى تكرار إتخاذه تتحدد نوعية الأدوات والأساليب التى يمكن إتباعها فى هذا الصدد والتى تتراوح مابين استخدام قواعد منطقية بسيطة إلى استخدام أدوات رياضية متعمقة تحتاج إلى برامج معقدة يستخدم فى حسابها الحاسبات الآلية .

٢ — ٣ تجهيز المصنع بالمعدات والآلات :

يتطلب تجهيز المصنع بالمعدات والآلات القيام أولا بتحديد هذه المعدات والآلات المطلوبة ، ثم الحصول عليها بتكلفة معقولة ، ثم تركيبها ، ثم توفير أنظمة لصيانتها وإصلاحها ، وأخير اتخاذ القرارات الخاصة بإحلالها .

وكما هو الحال بالنسبة للقرار الخاص باختيار الموقع . قد يكون القرار الخاص بتجهيز المصنع بالمعدات والآلات قراراً هاماً ومؤثراً بدرجة كبيرة فى ربحية بعض المشروعات أو على العكس قد يكون بسيطا وغير مؤثراً على ربحية البعض الآخر من المشروعات . فى المشروعات الصناعية الكبيرة وبصفة خاصة مشروعات الخدمات نجد أن نجاح المشروع يتوقف إلى حد كبير على مدى النجاح فى إدارة أصوله الرأسمالية إذ يقل المخزون من المواد الخام ويزيد المستثمر فى

الآلات بشكل كبير وذلك كما هو الحال فى شركات الكهرباء ، وشركات الطيران والعيادات الطبية للأسنان وغيرها من مشرعات الخدمات . وعلى العكس من ذلك فى المشروعات الصغيرة عندما تحتاج إلى إحدى المعدات إذ يقتصر الأمر على تلقى عدة عروض من عدة موردين ثم تقوم باختيار أحسن هذه العروض .

٢ — ٤ الترتيب الداخلى للمصنع :

اذ يجب ترتيب المعدات والآلات بشكل منطقى يؤدى إلى انسياب المواد الخام بسهولة ويسر ودون حاجة إلى تعدد عمليات المناولة ، وينطبق ذلك أيضا بالنسبة للمشروعات الخدمية كالبنوك ومكاتب السياحة إذ يجب ترتيب المواد والمعدات بها بشكل يسهل من العمل ويقلل التأخير إلى أقصى حد ممكن ، كما يجب ترتيب مجموعة الخدمات التى تقدمها المنظمة للعميل بالشكل الذى يتفق مع الخط المنطقى لحركة سير العميل داخل المنظمة .

ونشير هنا إلى عدم وجود ترتيب داخلى سليم لكثير من المنظمات الصناعية أو الخدمية ، ويرجع ذلك إما إلى عدم الإهتمام بذلك منذ البداية ، أو قد يرجع ذلك فى أغلب الأحوال إلى التغيرات المختلفة التى عادة ما تحدث كإضافة بعض الآلات الجديدة واحلال بعض الآلات القديمة بأخرى جديدة ، أو نتيجة انتاج سلع أو أصناف أو تقديم خدمات جديدة ، أو نتيجة تغيير مكان كان مخصصاً مثلا لتخزين المواد الخام الى مكتب للقيام ببعض الأعمال الكتابية ، ولذا يندر أن نجد ترتيب داخلى سليم للمعدات والآلات الخاصة باحدى المشروعات القائمة .

ويجب أن يحدد المشروع ويوازن دائما بين التكاليف التى يتحملها بسبب غيبة هذا الترتيب الداخلى السليم للمصنع وبين التكاليف التى يتحملها نتيجة عملية اعادة ترتيب الآلات فى المشروع وما قد يصحبها من توقف العمليات الإنتاجية لبعض الوقت .

٢ — ٥ تصميم وقياس طرق العمل :

يجب دراسة الأعمال التى يؤديها الافراد وتصميمها بالشكل الذى يؤدى إلى إنسياب العمليات الإنتاجيه بسهولة ويسر وبما يحقق الأهداف الموضوعة بدرجة عالية من الكفاية وبأقل تكلفة ممكنة . فإذا أمكن بالنسبة للأعمال الروتينية والمتكررة والتى تكون دوره الوقت الخاصة بها قصيرة أن يتم وضع تصميم لها من شأنه الإستغنا. عن الأنشطة الغير هامة والتى قد تستغرق بعض الثوان قد يؤدى ذلك فى النهاية إلى وفورات تقدر بآلاف الجنيهات بسبب تكرار نفس دوره العمل مرات عديدة فى وقت قصير .

فإذا علمنا أن تكلفة المنتج النهائى تتحدد أساسا فى ضوء تكلفة المواد الخام والعمالة ، وإذا كان من الضرورى تحقيق درجة عالية من الرقابة على استخدام المواد وإستعمالها ، فإنه من الضرورى أيضا تصميم وقياس طرق العمل بالشكل الذى يمكن من الرقابة عليها ، ولاشك أن التحديات المطلوبة فى هذا الصدد أكبر بكثير من تلك الخاصة بالمواد الخام إلا أنه من الممكن تحقيقها .

ونشير هنا إلى أن تصميم وقياس طرق العمل ليس شائعا فى قطاع الخدمات على عكس الحال فى القطاع الصناعى للمنتجات ، ويرجع السبب فى ذلك إلى أن طبيعة أنشطة الخدمات غير نمطية وغير متكررة على عكس الحال بالنسبة لإنتاج السلع المادية ، إلا أن اعتماد قطاع الخدمات أساسا على الأيدى العاملة يقتضى ضرورة الإهتمام بهذا الموضوع.

٢ — ٦ التنبؤ بحجم الإنتاج :

إذا يجب التنبؤ بحجم الإنتاج اللازم لمواجهة الطلب المتوقع ، على أن يتم ذلك فى وقت مبكر وبشكل يسمح بإتمام عملية تحويل المدخلات إلى المخرجات المطلوبة فى شكل سلع وخدمات حتى يمكن تقديمها للأسواق فى الوقت والمكان المناسبين.

وعادة ما يتم التنبؤ بالإنتاج فى ضوء أرقام المبيعات المقدرة والتى يتم التوصل إليها عن طريق دراسة وتحليل البيانات التاريخية للنشأة وذلك مع الأخذ فى الحسبان الأحداث الجارية والمستقبلة . ويستخدم فى هذا الصدد أدوات وأساليب إحصائية تتراوح فى درجة تعقيدها حسب طبيعة وظروف البيانات المتاحة فى المنظمة .

وتكون الأرقام المقدرة هذه الأساس لأعمال تخطيط ومراقبة الإنتاج وكذا العمليات الخاصة بتوفير المواد الخام وتصنيعها وغيرها من أوجه النشاط الأخرى فى المشروع .

٢ — ٧ تخطيط وجدولة الإنتاج :

إذ يتم وضـــع خطط رئيسية Master plan للأنشطة وجدولتها زمنيا بما يحقق درجة عالية من التنسيق بين العمليات المتنوعه والتى يلزم القيام بها فى المنظمة ، على أن تقوم كل وحـدة عمل فى ضوء هذه الخطة الرئيسية باشتقاق المعلومات الضرورية لتحـــديد خططها التفصيلية وكيفية قيامها بالأنشطة التى تسأل عنها .

ويجب أن تحدد الخطة الأيدى العاملة والخامات والمعدات المطلوبة بالشكل الذى يسمح بتوفير وقت كاف يسمح بإجراء أى تعديلات قد تطرأ نتيجة التغير فى الظروف المستقبلة .

ولاشك من إستمرارية أعمال التخطيط والجدولة، فأياً كانت الخطط الموضوعه، هناك من الأحداث الغير متوقعة التى تتطلب إعادة النظر فيها ، فقد يقتضى الأمر الإسراع فى أداء بعض الأنشطة أو التأخير فى أداء البعض الآخر ، ولذا يعمل رجال التخطيط والجدولة على محاولة استخدام الوقت والموارد والعمالة المتاحة فى إدخال التعديلات الممكنة والتى تؤدى إلى أفضل إستخدام للمعدات المتاحة.

٢ — ٨ إدارة وتوفير المواد الخام :

تدخل تكلفة المواد كعنصر من عناصر التكلفة الخاصة بالمنتج النهائى وتتراوح نسبتها إلى التكلفة الإجمالية من ١٠٪ إلى ٨٠٪ من إجمالى تكلفة المنتج ، وبالتالى تتوقف درجه أهمية هذا النشاط على طبيعة النشاط بالمنظمة .

وتتضمن هذه الوظيفة ضرورة القيام بأعمال بحوث الشراء ، وحسن إختيار والتفاوض مع الموردين بالشكل الذى يوفر المواد الخام بالسعر المناسب وفى الوقت المناسب وبالكمية والجودة المناسبة ، إذ أن الفشل فى أداء ذلك ينعكس أثره ولاشك على تكلفة الإنتاج .

٢ — ٩ إدارة المخزون Inventory Management :

إذ يقتضى الأمر بعد شراء المواد الخام ضرورة تخزينها تمهيداً لإدخالها فى عمليات التشغيل كما يقتضى الأمر أيضا تخزين البضاعة نصف المصنعة والبضاعة المصنعة بعد إتمام عملية التشغيل .

ولا شك أن ضخامة المبالغ المستثمرة فى هذه الكميات المخزونة من المواد الخام والبضاعة نصف المصنوعة والبضاعة تامة الصنع يتطلب وجود درجة عالية من الرقابة على المخزون بما يضمن عدم تكدس المخزون من ناحية وبما يضمن عدم توقف أعمال التشغيل وتلبية طلبات السوق من ناحية أخرى .

ونشير هنا إلى وجود العديد من الدراسات الرياضية والتى تساعد على تحديد الكمية الإقتصادية للشراء والإنتاج والتى تقوم أساسا على تحقيق التوازن بين تكلفة التخزين من ناحية وتكلفة إعادة الطلب والتجهيز من ناحية أخرى .

٢ — ١٠ مراقبة الجودة Quality Control :

تهتم وظيفة التخطيط والجدولة بتوفير الكمية المطلوبة وفى الوقت المناسب،

أما مراقبة الجودة فتهتم أساسا بجودة المنتجات ومطابقتها للمواصفات . ونؤكد هنا أنه لا يمكن تحقيق درجة عالية من الجودة بمجرد إجراء عمليات تفتيش مستمرة على مراحل الإنتاج بل أن تحقيق جودة عالية يتطلب أساسا التأكد من جودة المواد الخام وضمان كفاءة عالية للعمالة والآلات مع ضرورة تصميم العمليات الإنتاجية نفسها بما يضمن تحقيق الجودة المطلوبة وتصحيح الإنحرافات التي قد تظهر فور وقوعها .

وقد لا يكون من المربح دائما تحقيق مستويات متعاظمة من الجودة إذ أن رغبة المستهلك في الحصول على منتجات من جودة عالية لا تعني دائما أنه مستعد لدفع الثمن المقابل لذلك ، لذا يجب وضع معدلات الجودة التي تلبي إحتياجات المستهلك من ناحية والتي تتفق وقدراته المالية من ناحية أخرى .

ولا شك من أهمية مراقبة الجودة في صناعة الخدمات رغم صعوبة تحقيق ذلك ، ونشير هنا إلى أنه بالرغم من الخطوات التي اتخذت في هذا الصدد مازال هناك جهود كثيرة يجب بذلها من أجل إيجاد وتطوير أساليب مراقبة الجودة بقطاع الخدمات .

وسوف نتناول الوظائف السابقة بشيء من التفصيل في الفصول القادمة لهذا الكتاب ، إذ نتناول في الفصل الثالث إختيار موقع المصنع من ناحية والترتيب الداخلي للآلات من ناحية أخرى ونتناول تصميم وتطوير المنتجات والخدمات في الفصل الخامس ثم تخطيط وجدولة الانتاج في الفصل السادس ثم إدارة المواد وتصميم وقياس طرق العمل وتجهيز المصنع بالمعدات والآلات في الفصل السابع والثامن والتاسع على التوالي ، ونتناول مراقبة الجودة في الفصل العاشر ، كما نتناول التنظيم الاداري للمصنع في الفصل الرابع .

وقبل الدخول في تفاصيل ذلك يلزم لنا أولا بيان انواع العمليات الصناعية والأهداف التي تسعى إدارة الإنتاج والعمليات إلى تحقيقها وذلك كما يلي :

٢ — ١١ أنواع العمليات الصناعية Types of Manufacturing :

هناك الكثير من الأسس التى يمكن تصنيف المنشآت الصناعية وفقا لها مثل الحجم ، نوع المنتج ، الموقع أو غيره من العوامل الأخرى ، ومع هذا فان أكثر هذه الأسس ملاءمة للدراسة الخاصة بادارة الإنتاج والعمليات هو ذلك الخاص بطبيعة العمليات الصناعية وذلك كما يلى :

٢ — ١١ — ١ الورش الانتاجية Job Shop :

وفيها يتم الانتاج على أساس لوطات صغيرة الحجم ، كما تقوم هذه الورش بأكثر من وظيفة أو عمل فى نفس الوقت ولذا نجد أن المعدات والمواد والموارد الإنتاجية عادة ما تكون عامة الغرض وغير متخصصة ، فالمواد الأساسية يمكن إستخدامها فى وظائف مختلفة بمواصفات مختلفة ، كذلك الحال بالنسبة للمعدات إذ يجب أن تكون ملائمة لكافة الإستعمالات ، وينطبق نفس المنطق أيضا بالنسبة للعمالة إذ يجب أن يتوافر لديهم القدر الكاف من المهارات التى تمكنهم من أداء أنواع مختلفة من الأعمال فى مجال معين .

ويتم تشغيل الطلبات فى أقسام الإنتاج المختلفة حسب ورودها إلى هذا القسم ، وهو ماقد يؤدى إلى وجود صفوف إنتظار طويلة أمام أحد الأقسام إذا مانصادف تتابع ورود الطلبيات المختلفة له من الأقسام الأخرى ، ولذا فإن أحد المشاكل الرئيسية لهذا النوع من الورش هو جدولة العمل وتتابعه بالشكل الذى يؤدى إلى تحقيق التوازن بين تكلفة وقت العطل من ناحية وبين تكلفة وجود خط إنتظار من الطلبيات من ناحية أخرى .

٢ — ١١ — ٢ الإنتاج المستمر Continuous Production :

أما النوع الثانى من الصناعات فهو الإنتاج المستمر والذى عادة ما يكون مقرونا بوجود خط انتاجى متخصص فى إنتاج أو تجميع منتج معين ، ولذا يعد هذا النوع من الصناعات أكثر ملاءمة وأفضل من الناحية الإقتصادية عن

الورش الإنتاجية والتي يتم فيها إنتاج اللوطات وذلك بشرط زيادة الكميات المطلوب انتاجها من الصنف الواحد.

وعادة ما يستخدم في هذا النوع من الصناعات المعدات والآلات والمواد المتخصصة وأيضا العمالة المتخصصة في إنتاج معين أو في عملية معينة ولاتستخدم في أي شيء آخر عدا ذلك.

وتعتبر صناعة السيارات خير مثال على الإنتاج المستمر ، حيث يتكون اللوط الإنتاجي الواحد من مئات الآلاف بالنسبة لموديل معين ويستمر الإنتاج فيه على مدار العام تقريباً ، ولذا يتم إستخدام معدات متخصصة في إنتاج مثل هذا الموديل ، كما يتم أيضا تدريب العمال على أداء عمليات محددة . وعلى عكس الورش الإنتاجية نجد أن الجدولة اليومية لأوامر الإنتاج لا تمثل المشكلة الرئيسية ، وإنما تتمثل المشكلة الرئيسية في كيفية تحقيق التوازن بين الوظائف المختلفة على خط الإنتاج بحيث تجرى العمليات في سهولة ويسر وكفاءة .

ويعتبر الإنتاج المستمر الطرف الآخر أو النقيض لإنتاج اللوطات ، أما فيما بينهما فتوجد مستويات مختلفة متوسطة ، وفي مثل هذه المستويات تكون دورات الإنتاج أطول مما هي في نظام الورش ولكنها أقصر مما هي في حالة الإنتاج المستمر ، كذلك يتم تجهيز المعدات لأداء وظيفة معينة لمدة أسابيع ثم يعاد تجهيزها وإعدادها لأداء وظيفة أخرى ، وهكذا فإن درجة تخصص الآلات والمواد والعمال تقع في مستويات متدرجة بين النوعين المذكورين ، وتعتبر صناعه اللعب والصناعات الغذائية أمثلة على هذا النوع من الإنتاج الوسط .

٢ — ١١ — ٣ عمليات إنتاجية Process :

يتمثل النوع الثالث من الصناعات بذلك المتعلق بالقيام بعملية إنتاجية معينة ، فمثلا صناعة البترول تقوم بتحويل الزيت الخام إلى منتجات نهائية متنوعة

خلال عمليات نادراً ما تتوقف إذ يقتضى هـــذا النوع من الصناعات التدفق المستمر ، كما أنه لا يتم فى شكل وحدات معينة بل يتم تحويل المدخلات تدريجياً إلى مخرجات .

وبسبب هذه الخصائص المتميزة فانه من الضرورى الإهتمام والعناية بنواحى التصميم والتخطيط للعملية إذ يصعب بمجرد بدأ العمليات الإنتاجية اعادة تخطيطها أو تغيير التصميم الخاص بها .

٢ — ١١ — ٤ المشروعات Projects :

أما النوع الرابع من الصناعات فهو انتاج المشروعات ، ويستخدم فقط إذا ماكانت الوحدة المنتجة وحدة ضخمة معقدة ، وذلك مثل إنشاء المبانى ، وبناء السفن ، والبرامج الخاصة بالصواريخ . ولما كان هناك وحدة واحدة كمنتج ولكن هناك العديد من الأنشطة المختلفة المتداخلة ، فإن وظائف التخطيط والجدولة ومراقبة الجودة وغيرها من وظائف ادارة الإنتاج والعمليات تكون من طبيعة خاصة ويستخدم فى أدائها عادة بعض الأساليب المتخصصة مثل بيرت والمسار الحرج PERT & CPM .

وتنطبق التقسيمات السابقة أساساً على إنتاج السلع ، أما مشروعات الخدمات فلا تقع مباشرة داخل قطاعات واضحة محددة بالذات ، إلا أن جزء من المخرجات الخاصة ببعض مشروعات الخدمات يتمثل فى منتج مادى وذلك كما هو الحال فى المطاعم ، وهنا يمكن أن نطبق بعض التقسيمات السابق ذكرها ، فمثلا فى سلسلة المطاعم التى تقدم الوجبات السريعة يمكن اعتبارها مماثلة للانتاج المستمر ، فى حين أنه يمكن النظر إلى مطعم يابانى مثلا على أنه يماثل إنتاج الورش أو اللوطات حيث يتم اعداد الوجبات بالنسبة لطلبات ومذاق كل فرد على حده .

وبالإضافة إلى التقسيم السابق حسب طبيعة العمليات الصناعية فإن يمكن أيضاً تقسيم هذه العمليات الصناعية كما يلى :

٢ — ١١ — ٥ صناعات تجميعية

حيث تتكون السلعة من عدد من الأجزاء يتم تجميعها على خط تجميعى رئيسى وخطوط تجميع فرعيه ، وأوضح مثال على ذلك هو صناعة السيارات ، وكذلك الأثاث والأجهزة الكهربائية .

٢ — ١١ — ٦ صناعات تحليلية :

ويتم فيها تحليل المادة الخام إلى مكوناتها ، وبالتالى يشتق منها عدة مواد أو منتجات وذلك مثل صناعة تكرير البترول .

٢ — ١١ — ٧ صناعات تحويلية :

ويتم فيها تغيير شكل المادة أو المواد الخام المستخدمة وذلك كما هو الحال بالنسبة لصناعة السجائر أو الصناعات الغذائية أو المعدنية .

٢ — ١١ — ٨ صناعات إستخراجية :

ويتم فيها إستخراج المنتج من المصدر الأصلى الطبيعى له ، وذلك كما فى صناعة إستخراج البترول والفحم والمعادن .

وقد يحتوى المصنع بلاشك على أكثر من نوع من العمليات الصناعية المذكورة وذلك مثل صناعة البترول التى تعتبر صناعة إستخراجية ثم صناعة تحليلية إذا ما إمتد نشاط الصناعة إلى إستخراج وتكرير البترول .

ولا شك أن التقسيم السابق للصناعات حسب طبيعة العملية الصناعية سواء كان ذلك بالنسبة للصناعات الخاصة بإنتاج السلع أو الخدمات ، يمكن من تجميع الأنواع ذات المشاكل المتشابهة وبالتالى يمكن من إستخدام نفس الأساليب

العلمية المستخدمة فى حل المشاكل لإحدى المنظمات فى حل المشاكل المماثلة فى المنظمات الأخرى لنفس المجموعة .

٢ — ١٢ أهداف إدارة الإنتاج / العمليات :

Goals of Production/Operations Management

إن الضمان الأساسى لإستمرار المنشأة وبقائها فى ميدان العمل هـــو قيامها بتحويل مدخلاتها إلى المخرجات بفاعلية وكفاءة ، كما عليها أن تلاحظ دائما تكلفة الوحدة المنتجة من السلع أو الخدمات التى تقدمها ودرجة مساهمتها فى تحقيق أرباح المنظمة ، وأخيراً وليس آخرا فان المنشآت الناجحة تبحث دائما عن مختلف الوسائل التى يمكن أن ترفع من إنتاجيتها . وسوف تناقش فيما يلى كل من هـذه الأهداف المتداخلة .

٢ — ١٢ — ١ الفاعلية Effectiveness :

وتقاس فاعلية المنشأة عادة بدرجة تحقيقها للأهداف الخاصة بها ، ففى منشأة النقل مثلا يكون هدفها نقل البضاعه أو الناس ، ولذا فكلما زاد عدد الأفراد أو كمية البضاعة المنقولة كلما دل ذلك على زيادة فاعلية المنشأة . ويتطلب تحقيق درجة عالية من الفاعلية ضرورة إستبعاد كل الأنشطة الغير ضرورية وكذا حذف المخرجات التى لا تحقق مستوى الجودة المطلوب . ويمكن قياس الفاعلية بواسطة المبيعات أو حصة المنشأة فى السوق ، وأراء المستهلكين وغيرها ، كما يمكن أيضا مقارنة أعمال المنشأة بالأهداف الخاصة بها والمحددة لها مسبقا .

٢ — ١٢ — ٢ الكفاءة Efficiency :

تشير الكفاءه عادة إلى الكيفية التى يتم بها تحقيق أهداف المنشأة ، إذ لا يكفى تمتع المنشأة بفاعلية عالية فقط عن طريق تحقيق أرقام مستهدفة مسبقا ، بل يلزم الأمر أيضا ضمان تحقيق ذلك بأقل وقت وجهد ممكن وبأقل كمية من الخامات المستخدمة . وعادة ما تتحقق درجات أعلى من الكفاءه من خـــلال

تغييرات فنية كإستخدام آلات أسرع وأفضل أو من خلال تغييرات ادارية مثل ضمان وجود تخطيط وجدولة ورقابة أفضل مع تعديل سلوك العاملين كدفعهم للعمل بجدية أكثر أو بذكاء أكثر .

وعلى هذا الأساس فان زيادة الكفاءة معناها زيادة المخرجات مع استخدام نفس كمية المدخلات الأمر الذى يحقق فوائد كثيرة لكل الأطراف المعنية بالمشروع .

٢ — ١٢ — ٣ تكلفة الوحدة Unit Cost :

من أفضل المقاييس التى يمكن أن تساعد المشروع على تقييم موقفه هو تكلفة الوحدة المنتجة، فاذا أدى مدير الإنتاج وظائفه الخاصة بالتخطيط ومراقبة الكميات المنتجة وجودتها وكذا مراقبة أسعار المواد الخام وغيرها من عناصر المدخلات المستخدمة ، ومتابعة العمليات وجودتها ، فان تلك المجهودات سوف تنعكس آثارها بوضوح على تكلفة الوحدة المنتجة . ونشير هنا إلى ضرورة مراعاة الحذر عند تحديد تكلفة الوحدة المنتجة إذ أن هناك العديد من طرق الحساب المستخدمة لتحديد تكلفة الوحدة ، ولذا فانه عند إجراء أية مقارنات بين منشأة وأخرى أو بين قسم وآخر أو بين عام وآخر فانه يجب دائماً التأكد من اتباع نفس الأساليب المحاسبية حتى يمكن إجراء هذه المقارنات السابقة .

٢ — ١٢ — ٤ المساهمة فى الربح Contribution to Profit :

نظراً لان الربح واحد من أهم أهداف المنشأة ، لذا يجب تحديد مدى المساهمة فى تحقيق هذه الأرباح ، فعند محاولة إجراء مقارنة بين خط إنتاجى وخط آخر أو بين قسم وقسم آخر فقد لانجـــد فى المقاييس السابقة الخاصة بتكلفة الوحدة أو مدى الكفاءة أو الفاعلية أى معنى عند اجراء هذه المقارنة بسبب اختلاف وحدات القياس هذه ، ولذا فان درجة المساهمة فى تحقيق الربح لزيادة العائد عن

التكلفة ، يمكن أن يرشدنا إلى ما إذا كان من الأفضل التوسع فى خط انتاجى ما أم عدم التوسع أو حتى عدم الإستمرار فيه .

كذلك فان المساهمة فى تحقيق الربح تدخل كعامل عند إتخاذ القرار الخاص بشراء معدات رأسمالية جديدة ، أو تحديد موقع المصنع وغيره من المجالات التى قد لا يصلح فيها إستخدام مقياس آخر مثل مقياس الكفاءة .

٢ — ١٢ — ٥ الإنتاجية productivity

تعتبر الإنتاجية من أكثر الأهداف التى يساء فهمها ، فعادة ما تستخدم الإنتاجية لتعنى قيمة المخرجات بالنسبة لساعة العمل اليدوى أى كناتج لقسمة الإنتاج على ساعات التشغيل اليدوى ، فى حين أن المقصود بالإنتاجية هو تحديد النسبة بين المخرجات إلى جملة المدخلات ، أى تتمثل الإنتاجية الكلية للمنشأة فى ناتج قسمة مجموع المخرجات على مجموع المدخلات ، ومع هذا فقد يصعب إستخدام هذا المقياس نظراً للصعوبات الخاصة بتحديد وقياس كل هذه العوامل الداخلة فى وحدة قياس واحدة ، ولذا فعادة مانستخدم مقاييس جزئية مثل إنتاجية العمل ، إنتاجية رأس المال ، أو انتاجية المواد .

وتختلف الإنتاجية عن الكفاءة إذ تهدف الكفاءة إلى تعظيم المخرجات الممكنة بالنسبة للمدخلات المعطاه والمحددة مسبقا بينما تهدف الإنتاجية إلى تحقيق أعلى نسبة للمخرجات إلى المدخلات وما يقتضيه ذلك ليس فقط من تعظيم المخرجات ، بل أيضا احداث تغيرات فى كل من المدخلات والمخرجات بالشكل الذى يرفع من هذه النسبة وبالتالى يرفع من الإنتاجية .

وتعتبر الإنتاجية من أهم المقاييس سواء بالنسبة للمشروعات أو بالنسبة للإقتصاد القومى ككل ، فلكى تستمر المنشأة فى مجال العمل يجب عليها أن تحافظ وترفع من إنتاجيتها الأمر الذى ينعكس أثره بالضرورة على تحسين تكلفة الوحدة والربح والعائد على الأموال المستثمرة ، كما ينعكس أثره على المستوى القومى إذ أن

رفع الإنتاجية يؤدى إلى إستخدام أفضل للموارد وإمكانية البيع بسعر أقل مما يؤدى إلى مركز أقوى فى السوق العالمى مع امكانية تخفيض نسبة التضخم .

٢ — ١٣ المجال الوظيفى فى ادارة الإنتاج والعمليات Careers in POM

تغطى الوظائف الخاصة بمجال الإنتـــاج والعمليات التنظيم كله من أدنى المستويات إلى أعلاها ، فهناك العديد من الفرص لخريجى الجامعات ، ومن الممكن أن يقضى الفرد كل حياته الوظيفية فى مختلف المجالات الخاصة بالإنتاج والعمليات خلال تدرجه الوظيفى من بداية السلم إلى مناصب الإدارة العليا ، كذلك فإن الأنشطة والمسئوليات الموجودة بادارة الإنتاج والعمليات تزود الفرد بخلفيه مفيدة للغاية تساعده على الدخول فى أى من الأنشطة الأخرى بالمشروع .

الفصل الثالث

إختيار موقع المصنع والترتيب الداخلى للآلات

Location and Layout

يعد إختيار موقع المصنع من القرارات الهامة المؤثرة على مركز المشروع التنافسى فى السوق وعلى نتائج أعماله ، إذ أنه بمجرد إتخاذ هذا القرار فان من الصعب تعديله دون تحمل خسائر مالية كبيرة. وهناك العديد من العوامل المحيطة والتى يجب أخذها فى الحسبان عند تحديد موقع المصنع أو إضافة وحدات صناعية جديدة أو عند إنشاء تسهيلات خدمية أو مكتبية ، سواء كانت هذه العوامل على مستوى الدولة أو المدينة أو الجهة التى سوف يقام عليها المصنع .

ولا يقتصر الأمر فقط على إختيار موقع المصنع بل يمتد الأمر أيضا إلى ضرورة ترتيب المعدات والآلات ومراكز الخدمه والتخزين داخل المصنع بما يضمن إنسياب العمل بسهولة ويسر وبما يقلل من عمليات مناولة المواد .

٣ — ١ تحديد الموقع Facilities Location :

يؤدى عدم تحديد الموقع بشكل سليم إلى زيادة تكاليف الإنتاج والتوزيع ، الأمر الذى يضع إدارة المشروع فى موقف تنافسى ضعيف وبالتالى يقلل من فرص نجاحها رغم ما قد تكون عليه هذه الإدارة من كفاءة عالية فى كثير من الأحيان . وتزداد أهمية القرار الخاص باختيار الموقع بسبب صعوبة تصحيحه ، إذ بمجرد إختيار الموقع والبدأ فى الإنشاء فإنه من الصعب تعديل هذا القرار بدون تحمل خسائر مالية باهظة ، الأمر الذى يقتضى ضرورة الإهتمام بدراسة هذا القرار منذ المراحل الأولى للتفكير فى إنشاء المشروع .

٣ — ١ — ١ الخطوات اللازمة لإختيار الموقع :

Sequence of Location Choices

تمر عملية إختيار الموقع بثلاث مراحل أساسية هى :

أولا : تحديد المحافظة التى سينشأ فيها المصنع .

ثانياً : تحديد المدينة داخل المحافظة .

ثالثاً : تحديد الموقع داخل المدينة المختارة .

وفيما يلى نبين أهم العوامل الواجب أخذها فى الحسبان بالنسبة لكل مرحلة .

أولا : العوامل الواجب أخذها فى الحسبان عند تحديد المحافظة :

١ — القرب من الأسواق ، إذ يؤدى بعد المسافة إلى زيادة الوقت والتكلفة وبالتالى التأثير على درجة الخدمة المقدمة .

٢ — القرب من مصادر المواد الخام والمهمات والمعدات والآلات وغيرها من مستلزمات الإنتاج .

٣ — مدى توافر وسائل النقل والموصلات وكـذا وسائل الإتصال ، بما يمكن من تخفيض تـكاليف الشحن ومصاريف الإنتقال وربط الموقع بالجهات المختلفة التى تتعامل معه . ونشير هنا إلى أنه فى ضوء الكميات التى يتم نقلها ودرجة التكرار فى عمليات النقل هذه تتحدد أنسب سبل النقل للشركة سواء كانت السكك الحديدية أو السيارات أو السفن أو الطائرات أو مزيج من كل هذه الوسائل وهذه بدورها تؤثر فى تقييم الموقع المختار .

٤ — مدى توافر العمالة الماهرة والمدربة ، إذ يجب التأكد من إمكانية تعبئة العمالة المطلوبة دون تحمل أعباء مالية كبيرة سواء فى عملية التعين أو التدريب ، كما تأخذ فى الحسبان أيضا المستوى السائد للاجور . وتظهر أهمية هـذا العامل

بصفة خاصة فى الصناعات التى تعتمد بدرجة كبيرة على الأيدى العاملة labor intensive manufactures .

٥ — حالة الطقس بالمحافظة ، فالرغم من أن هذا العامل قد يبدو ثانويا ، إلا أن ذلك ليس صحيحا على الإطلاق ، والدليل على ذلك ما نلاحظه من التوسع الضخم فى المدن ذات الجو المناسب سواء كان ذلك التوسع فى عدد السكان أو فى عدد المشروعات الصناعية .

ثانياً : العوامل الواجب أخذها فى الحسبان عنـــد إختيار المدينة داخل المحافظة :

١ — مصادر العمالة ، إذ يجب التأكد من توافر العمالة بالعدد والكفاءة المطلوبة واللازمة للمصنع .

٢ — المدينة التى يقطن بها عدد كبير من المؤسسين ، إذ عادة ما يفضل المؤسسين إنشاء المصنع فى نفس المدينة التى يتواجدون بها .

٣ — الظروف المعيشية المتاحة ، مثل توافر المدارس والمستشفيات ومراكز التسوق ، ووسائل الترفيه ودور الثقافة ، وكذا مدى توافر المساكن والخدمات العامة كالمياه والكهرباء ووسائل والنقل والأمن ، إذ أن كل هذه العوامل والتسهيلات تؤثر بشكل كبير على مدى إمكانية تجميع طبقة الإدارة المحترفة والعمالة الماهرة والتى تلزم للمشروع .

٤ — القوانين السائدة وبصفة خاصة تلك المتعلقة بالضرائب وذلك لما لها من تأثير إيجابي أو سلبي على نشاط المشروع .

٥ — مدى توافر الموقع المناسب داخل المدينة ، إذ قد يكون هناك من سبق المشروع فى شغل المواقع المناسب داخل المدينة .

٦ — التسهيلات المالية المقدمة ، إذ قد تقدم المدينة أو قاطنيها بعض التسهيلات التى تعمل على جذب منظمات الأعمال إليها .

ثالثا : العوامل الواجب أخذها فى الحسبان عند إختيار الموقع داخل المدينة :

١ — ملاءمة الموقع للإحتياجات الحالية والتوسعات المستقبلة .

٢ — ملاءمة طبيعة التربة ، بما يمكن من تشييد مصانع الشركة عليها ودون تحمل تكلفة عالية .

٣ — ملاءمة تكاليف الأرض وتكاليف الإنشاء .

٤ — ضمان توافر التسهيلات المختلفة من كهرباء وغاز ومياه وأنظمه الصرف وغيرها من التسهيلات بتكلفة معقولة .

٥ — توافر الطرق والقرب من محطات السكك الحديدية والمطارات بما يمكن من تخفيض تكاليف النقل والتوزيع وكذا وقت ومصاريف الإنتقال الخاصة بالأشخاص الهامة بالمشروع .

٦ — إمكانية التخلص من فضلات المصنع دون التأثير على الظروف الصحيه للمنطقة والتعرض لأى مساءلة قانونية ، وبما يمنع من حدوث أى شكوى من أهالى المنطقة .

٣ — ١ — ٢ المفاضلة بين الريف والحضر عند إختيار موقع المصنع :

City versus Rural Location

لاشك من وجود الكثير من العوامل الخاصة باختيار المدن الكبيرة كموقع للمشروع مقارنة بالريف . وسوف نبين أهم هذه العوامل فيما يلى :

١ — تقل فى المدن الكبيرة الفرص المتاحة والخاصة باختيار الموقع المناسب وبالمساحة المطلوبة ، هذا بالإضافة إلى إرتفاع التكلفة وإحتمال زيادة المتطلبات القانونية وكذا زيادة معدلات الضرائب ، وعلى العكس من ذلك تقل تكلفة المواقع فى الريف بالإضافة إلى توافرها وبشكل يمكن من إستيعاب التوسعات المحتملة ، هذا بالاضافة إلى إحتمال وجود متطلبات قانونية أقل وإنخفاض معدلات الضرائب السائدة .

٢ — تتميز المدن الكبيرة بتوافر وسائل النقل العام ، إلا أنها فى مقابل ذلك عادة ما تعانى من شدة الإزدحام وعدم وجود أماكن لإنتظار السيارات .

٣ — تتميز المدن الكبيرة بتوافر الأيدى العاملة الماهرة والمدربة بدرجة أكبر منه فى الريف .

٤ — توافر الخدمات والتسهيلات المختلفة ووسائل المعيشة بدرجة أكبر فى المدن الكبيرة .

ونشير هنا إلى إكتساب المناطق الريفية المحيطة بالمدن المزايا الخاصة بكل من المدن والريف مع تفادى الكثير من العيوب الأمر الذى شجع كثير من المنظمات على الإتجاه إلى هذا المناطق .

٣ — ١ — ٣ إعادة تحديد الموقع Relocation :

يتطلب الأمر فى كثير من الأحيان دراسة مدى ملاءمة الموقع الحالى للمصنع ، فقد تحتاج الشركة إلى توسيع حجم أعمالها وتنويع منتجاتها وزيادة طاقتها الإنتاجية ، وبالتالى الحاجة إلى دراسة مدى إمكانية تحقيق ذلك فى ضوء الموقع الحالى للمصنع ، كما قد تتغير أماكن الأسواق من ناحية ومصادر المواد الخام من ناحية أخرى ، وعاده ما تلجأ الاداره فى مواجهة هذه التغيرات والتوسعات إلى أحد الحلول التالية :

٢ — تحقيق التوسعات الملائمة فى الموقع الحالى .

٣ — الإبقاء على الوضع الحالى دون أى توسع مع ترك الفرصة للمنافسين لمواجهة هذه التوسعات وتلبية هذه التغيرات فى السوق .

٣ — الإبقاء على الوضع الحالى مع الإستعانة بمقاولى الباطن لأداء بعض الأعمال وبالتالى زيادة الطاقة النهائية للمنظمة .

٤ — الإبقاء على الموقع الحالى مع بناء موقع بديل أو أكثر .

٥ — التخلى عن الموقع الحالى مع إختيار موقع آخر لبناء مصنع جديد بالطاقة المطلوبة .

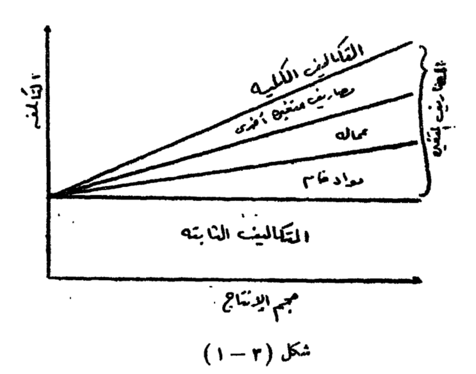
٣ — ١ — ٤ أدوات تحليل يمكن استخدامها فى اختيار الموقع :

Analysis Methods

هناك مجموعة من الأدوات والأساليب التى يمكن استخدامها فى ترشيد القرار الخاص باختيار الموقع والتى تتفاوت فى درجة تعقيدها ، وسوف نبين فيما يلى بعض هذه الأدوات :

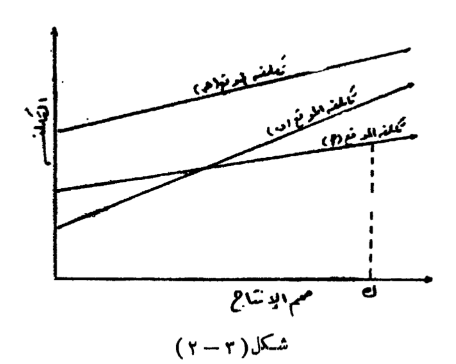
١ — إعطاء أوزان مختلفة خاصة بالأهمية النسبية لكل عامل من العوامل الواجب أخذها فى الحسبان ، ثم تحديد مجموع النقط الخاصة بكل موقع فى ضوء هذه الأوزان النسبية ، وإتخاذها كأساس للمقارنة . ويمكن تشبيه ذلك بتحديد درجات الطلبة فى الإجابة على أسئلة الإمتحان فى مادة معينة ، إذ تحدد الدرجة النهائية لكل سؤال ثم يتم تحديد الدرجة التى يستحقها الطالب فى كل سؤال وبالتالى تحديد مجموع الدرجات الخاصة بالطالب ، وبالمثل يتم تحديد الأهمية النسبية لكل عامل من العوامل الواجب توافرها فى الموقع ، كمدى توافر الأيدى العاملة والقرب من الأسواق وغيرها من العوامل ، ثم يتم تحديد مجموع النقط التى يستحقها كل موقع فى ضوء هذه الأوزان النسبية السابقة على أن تتخذ مجموع هذه النقط كأساس للمقارنة .

٣ — القيام بتحديد التكاليف الثابتة التى يتحملها المشروع والتى لا ترتبط بحجم الإنتاج ، وكذا تحديد التكاليف المتغيرة والتى تتزايد مع زيادة حجم الإنتاج حتى يتم تحديد التكاليف الكلية عند مستويات الإنتاج المختلفة والخاصة بكل موقع من المواقع محل الدراسة شكل (٣—١) .



شكل (٣ — ١)

ثم يتم مقارنة التكاليف الكلية الخاصة بكل موقع وبالنسبة لكل حجم إنتاجى وذلك كما فى شكل (٣ — ٢) .



شكل (٣ — ٢)

إذ يمكن تحديد أفضل المواقع إذا ما تم تحديد رقم الإنتاج المتوقع ، فنى شكل (٣ — ٢) نجد أن الموقع ا هو أفضل المواقع إذا كانت الكمية المقترح إنتاجها تعادل الكمية ك . ويعرف هذا التحليل السابق بتحليل التعادل والذى سنتناوله بدرجة أكثر تفصيلا فى الفصل السادس من هذا الكتاب .

٣ — إذا تعددت المصانع والمخازن الخاصة بالشركة ، وكان من المرغوب فيه إعادة النظر فى الكيفية التى يتم بها نقل وتوزيع المنتجات من المصانع إلى المخازن أو العكس ، أو إذ رغب فى تحديد أفضل مواقع للمصانع أو المخازن. فعاده ما تستخدم بعض أساليب بحوث العمليات كأسلوب النقل إذ يتم تحديد تكاليف النقل من المصانع فى المواقع الإفتراضية إلى المخازن الموجودة أو المفترض إقامتها ، وعلى أن يلى ذلك تحـــديد أحسن خطة لنقل المنتجات بين المصانع والمخازن ، تحديد المواقع الخاصة بالمصانع والمخازن فى ضوء الخطة المثلى هذه .

٣-١-٥ الحاجة إلى الإستعانة بالمكاتب الإستشارية :

Use of Consultants

تتميز القرارات الخاصة بتحديد موقع المصنع بعدم التكرار، فقد لا يواجه كثير من المديرين خلا حياتهم الوظيفية إتخاذ مثل هذا القرار ، كما لا يتمتع مدير الإنتاج أو العمليات عادة بالسلطة النهائية لإتخاذ مثل هذه القرارات وإنما عادة ما يرجع فى هذا الصدد إلى مجلس إدارة المشروع .

ونظراً لأهمية هذا القرار وأثره البالغ على مستقبل المشروع ونتيجة لعدم تكراره وإفتقار الإدارة فى معظم المشروعات للخبرة اللازمة فى هذا الصدد ، لذا فإنه من المفضل دائما اللجوء إلى المكاتب الإستشارية المتخصصة لما لديها عادة من دراية بالأساليب والأدوات العلمية التى ترشد عملية إتخاذ مثل هذه القرارات من ناحية ولتوافر الخبرة وتكرار هذه المكاتب لمثل هذه الدراسات لمنظمات أخرى مماثلة من ناحية أخرى .

٣ — الترتيب الداخلى للمصنع Facilities Layout :

يقصد بالترتيب الداخلى للمصنع عملية توزيع وترتيب المعدات والأدوات والآلات والعمال ، والمواد ، وأدوات المناولة ، ومراكز الخدمات ، والممرات بالشكل الذى يؤدى إلى تنفيذ أنشطة الإنتاج داخل المصنع بأقسامه المختلفة بسهولة ويسر وبأقل تكلفة ممكنة .

ويأتى إعداد تصميم معين للمصنع بعد الإنتهاء من إتخاذ القرارات الخاصة بتصميم السلعة والأجزاء المكونة لها ، إذ فى ضوئها تتحدد طريقة الصنع ، ومن ثم العمليات الصناعية اللازمة والآلات التى ستستخدم فى كل عملية .

ونظراً للتغير المستمر فى الظروف المحيطة بالمشروع ، سواء الظروف الاقتصادية أو التطور التكنولوجى فى الصناعة ، فانه من الضرورى أن يراعى

ذلك عند إعداد التصميم الداخلي بحيث يكون على قدر من المرونة التي تسمح مستقبلا بمواجهة مثل هذه التغيرات .

وهناك عوامل كثيرة تؤثر في تصميم المصنع ، وهي عوامل متشابكة ومتداخله في نفس الوقت ولا يمكن عزل أي من هذه العوامل عن باقي العوامل الأخرى ، فمثلا تحديد المواقع الخاصة بالتخزين ومساحتها لا يؤثر فقط على التكاليف الخاصة بالتخزين بل يؤثر أيضاً على تكاليف النقل الداخلي والمناولة ، كما أن تحديد مواقع المعدات والآلات ومراكز العمل يؤثر أيضا على تكاليف النقل الداخلي والمناولة .

ونتيجة لكثرة عدد المتغيرات التي تؤثر في عملية التصميم وتشابكها فإنه يصعب القول بوجود تصميم أمثل ، ولكن كل البحوث التي تتم في هذا المجال يمكن أن تساعد في الوصول إلى تصميم يعتبر ملائماً أو مناسباً في ظل ظروف معينة .

وهناك مجموعة من الأهداف نسعى إلى تحقيقها من خلال الترتيب الداخلي للمصنع والتي يمكن أن نوجز أهمها فيما يلي :

١ — تقليل عمليات نقل ومناولة المواد ، الأمر الذي يؤدي إلى تدنية تكاليف البضاعة تحت الصنع وبالتالي تقليل رأس المال العامل اللازم لإتمام العمليات الإنتاجية .

٢ — تقليل المساحات اللازمة لإتمام العمليات الإنتاجية ، وبالتالي تقليل رأس المال الثابت اللازم الأمر الذي يؤدي إلى رفع العائد النهائي على الأموال المستثمرة .

٣ — القضاء على الإزدحام الذي قد يؤدي إلى حدوث إختناقات في العملية الإنتاجية .

٤ — إمكانية إستغلال القوى العاملة إستغلالا أمثلا نتيجة تدنية المسافات والوقت اللازمين للحصول على المواد والمهمات والمعدات من ناحية وكنتيجة لتحقيق درجة عالية من الإشراف من ناحية أخرى .

٥ — تسهيل مهمة المحافظة على صيانة ونظافة المبنى ، بالإضافة إلى إمكانية تحقيق درجة أعلى من الأمن الصناعى .

٦ — يوفر الترتيب الأمثل الإمكانيات اللازمة للتوسع فى العمليات الإنتاجية أو فى خط المنتجات المستقبلة .

ويمكن أن نوجز الناتج الصافى للوفورات السابقة ، فى تخفيض الأموال المستثمرة فى البضاعة تحت الصنع وكذا الأصول الثابتة ، بالإضافة إلى زيادة المخرجات مع تقليل تكلفة إنتاج الوحدة .

ونشير هنا إلى أنه أى كانت فاعلية الترتيب الحالى فإن التعديلات الكثيرة التى تطرأ على العمليات الإنتاجيةونوع الآلات المستخدمة وعلى تشكيلة المنتجات وغيرها من العوامل الأخرى ، تؤدى إلى الحاجة الدائمة إلى إعادة النظر فى الترتيب الحالى re-layout .

٣ — ٢ — ١ الأشكال المختلفة للترتيب الداخلى للمصنع :

Layout Patterns

هناك شكلين أساسيين للترتيب الداخلى للمصنع وهما الترتيب حسب العمليات الإنتاجية أو الترتيب حسب المنتج ، ويعنى أى من الشكلين السابقين ترتيباً مختلفا للآلات والتسهيلات الإنتاجية ومن ثم إستغلالا مختلفا لمساحة المصنع .

٣ — ٢ — ١ — ١ الترتيب حسب العمليات Process Layout :

يستخدم هذا الترتيب بصفة خاصة فى الورش الإنتاجية ، حيث يتم تجميع الآلات التى تؤدى نفس الوظيفة ونفس العملية الإنتاجية فى قسم واحد .

وعادة ما يتبع هذا الترتيب عندما يكون الإنتاج متغيراً بمعنى أن مواصفات المنتج غير ثابتة ومتغيرة من وقت لآخر تبعا لطلبات العملاء ، أى يتم الإنتاج حسب الطلب وليس للسوق .

ويتميز هذا النوع من الإنتاج بالتنوع فى عدد السلع أو الأصناف المنتجة مع صغر الكمية المنتجة من كل سلعة ، ومع كل طلبية يتم تغيير الآلات وإعدادها فى ضوء المواصفات المطلوبة ، وقد يستغرق إعداد الآلة زمنا ليس بالقصير فى كل مرة ، وعلى هذا فإن المصنع يقسم إلى عدد من الأقسام كل منها يحتوى على مجموعة الآلات التى تؤدى نفس الوظيفة فمثلا هناك قسم لآلات الخراطة ، قسم يحتوى آلات تثقيب ، قسم للتجميع ، قسم للفحص . وليس من الضرورى أن يتساوى عدد الآلات فى كل قسم من هذه الأقسام .

ويمكن بيان أهم خصائص هذا الترتيب فيما يلى :

١ — تكون الآلات المستخدمة عادة آلات عامة الغرض غير متخصصة ، أى أن الآلة نفسها يتم إستخدامها لأكثر من غرض واحد ، وذلك بعد إعدادها لمواجهة المواصفات الجديدة لكل طلبية ، وبالطبع فإن هناك دائما حد للمدى الذى يمكن فيه للآلة أن تنفذ ذلك التنوع والإختلاف فى المواصفات .

٢ — الآلات عامة الغرض عادة ما تكون منخفضة التكلفة ، كما يمكن فى حالة توقفها الإستعانة بأى آلة أخرى مماثلة فى نفس القسم الإنتاجى .

٣ — نظراً لعدم وجود تسلسل معين يلزم إتباعه فى ترتيب الآلات ، فعاده ما يمكن تجميع الآلات والمعدات ذات الطبيعة الخاصة كتلك التى يصدر عنها درجـــة عالية من الضوضاء أو التى تؤدى إلى إرتفاع درجة الحرارة فى أماكن خاصة .

٤ — أن العمال فى هذا النوع من المشروعات يجب أن يتمتعوا بقدر كبير

من المهارة ، حيث أن تشغيل الآلات عامة الغرض لن يكون روتينياً ، فمع كل طلبية يتطلب الأمر إعادة تجهيز وإعداد الآلة لمواجهة المواصفات الخاصة بالطلبية الجديدة ، كذلك فإنه فى هذه الطريقة يحدث أن إستخدام بعض أنواع من الآلات لا يكون بصفة دائمة ومن ثم فقد يتطلب الأمر أن يقوم العمال بالإنتقال للعمل على آلات أخرى ، الأمر الذى يتطلب أن يكون هؤلاء العمال على قدر من المهارة والخبرة التى تمكنهم من تشغيل أكثر من نوع من الآلات .

٥ — نظراً لتنوع الإنتاج فى هذه المشروعات فإننا نلاحظ إرتفاع المخزون من المواد الأولية ، وأيضاً للمواد والأجزاء تحت الصنع الأمر الذى يجب مراعاته من حيث ترك المساحات المناسبة للقيام بعمليات التخزين والنقل .

ويمكن القول أن أهم مزايا هذا الترتيب هو ذلك القدر الكبير جداً من المرونة ، إذ يمكن للمشروع تلبية الطلبات من حيث الحجم أو الشكل ولا يتقيد المشروع بتصميم ثابت لسلعة ما ، ومن ثم فهو قادر على مواجهة التطور المستمر فى أذواق المستهلكين .

أما أهم عيوب هذا الترتيب فهى أرتفاع التكاليف الخاص بعنصر العمل نتيجة تشغيل عمال على قدر كبير من الخبرة والمهارة ، بالإضافة إلى صعوبة وظيفة تخطيط وضبط الإنتاج نتيجة لأن كل طلبية تحتاج إلى خطة إنتاجية مختلفة .

٣ — ٢ — ١ — ٢ الترتيب حسب المنتج أو حسب خط الإنتاج :

Product or Line Layout

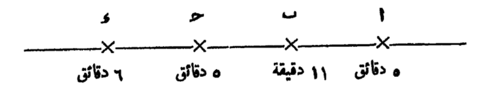
يقام الترتيب الداخلى للمصنع فى هذه الحالة على أساس المنتج ومن ثم فإن الآلات والمعدات يتم ترتيبها حسب توالى العمليات التى يحتاجها تصنيع هذا المنتج ووفقاً لما هو محدد فى الورقة الخاصة بخط السير، ويكون ذلك على صورة

خط أو خطوط إنتاج يبدأ بالمادة الأولية وينتهى بالمنتج أو أحد أجزائه . ويستخدم هذا النوع من التصميم عادة عندما يكون الإنتاج مستمراً من حيث المواصفات ، فالعمل والإنتاج هنا يستمر بنفس النظام ، والإنتاج هنا عادة هو إنتاج للسوق وليس إنتاج حسب الطلب ، إذ يتم إنتاج كميات كبيرة من الصنف الواحد بما يكفى تلبية إحتياجات السوق الحالية والمستقبلة .

ويمكن بيان أهم خصائص هذا الترتيب فيما يلى :

١ — أن الآلات المستخدمة هى آلات ذات تكلفة عالية ومتخصصة الغرض ، أى أنها معدة لإنتاج سلعة معينة بمواصفات معينة ، ونظراً لأن الإنتاج هنا يستمر على وتيرة واحدة فإن الآلات لا تحتاج إلى إعادة تجهيز أو إعداد كما هو الحال فى الطريقة الأخرى ومن ثم فإن نوعية العمال المطلوبين لا يشترط أن تكون من ذوى المهارات العالية .

٢ — نظراً لإرتباط العمل على أجزاء خط الإنتاج بعضها البعض ، لهذا فإن أهم ما يجب تحقيقه هو مراعاة التوازن على الخط ، حيث أنه إذا كان هناك جزء على خط الإنتاج ذا سرعة أقل أدى ذلك إلى تراكم المواد عند هذا الجزء ومن ثم تقل سرعة الخط الإنتاجى كله ، فسرعة خط الإنتاج يحددها أبطأ أجزاؤه ، لذا ففى الشكل التالى إذا كانت سرعة الأجزاء ا ، ب ، حـ ، ى على الترتيب هى ٥ دقائق ، ١١ دقيقة ، ٥ دقائق ، ٦ دقائق للوحدة .



فان سرعة هذا الخط هى وحده كل ١١ دقيقة ، وبذا سيتراكم الإنتاج أمام الآلة ب وستبق الآلة حـ ، ى معطلتان بعض الوقت ، ولذا فان تحقيق التوازن

على الخط يتطلب مضاعفة سرعة الخط عند المرحلة ب بوضع آلتين بدلا من آلة واحدة

٣ — يقل المخزون من المواد الأولية والنصف مصنعة فى هذا الترتيب بسبب التوازن بين أجزاء خط الإنتاج .

ويمكن القول بأن أهم مزايا هذا الترتيب هو سرعة وسهولة إنسياب العمل وكذا سهولة متابعة العمال والإشراف عليهم .

أما أبرز عيوب هذا الترتيب فهو قلة المرونة ، إذ يصعب تغير نوع السلعة المنتجة أو تعديل التصميم المتبع ، كما أن بطء أى آلة أو حدوث عطل فى أى موقع على خط الإنتاج يؤدى إلى توقف الخط الإنتاجى كله وتعطله .

وبالإضافة إلى الشكلين الأساسيين للترتيب السابق الإشارة إليهما ، هناك عدة أشكال أخرى للترتيب الداخلى للموقع .

— فقد يتواجد المنتج فى مكان ثابت على أن يتم نقل المهمات والأدوات والمعدات والأيدى العاملة إلى حيث يوجد المنتج ، وذلك كما هو الحال فى بناء السفن ، ويطلق عليه الترتيب على أساس التواجد الثابت للمنتج fixed position-layout أو الترتيب على أساس الإنتقال للمنتج .

— وقد يتم الترتيب أساسا بقصد خدمة العملية التسويقية وتيسير الأمر على المستهلك ، كما هو الحال فى ترتيب البضاعة بسوبرماركت ويطلق عليه بالترتيب التسويقى marketiny-layout .

— وبالنسبة للمخازن يتم الترتيب على أساس حسن إستخدام الإمكانيات المخزنيه المتاحة وتيسير عملية المناولة ، وهو ما يطلق عليه بالترتيب التخزينى Storage-layout .

وقد يتم ترتيب المساحة المتاحة خلف المخزن حتى تقل الحاجة إلى التخزين الداخلى وإلى معدات المناوله الداخلية، وهو مايطلق عليه بـ yard — layout.

وبالنسبة للمكاتب الإدارية ، يتم الترتيب بالشكل الذى ييسر من إنسياب العمل المكتبى والإدارى بين الموظفين ، وهو مايطلق عليه بالترتيب الداخلى للمكاتب office—layout .

— وتواجه منظمات الخدمات مثل البنوك وشركات التأمين والمستشفيات والمطاعم والمكاتب وغيرها من الهيئات والمنظمات الخدمية نفس المشاكل الخاصة بالترتيب الداخلى التى تواجهها المصانع، إلا أن المهمة الأساسية فى منظمات الخدمات هى فى تحديد حركة والسياب العمل والموظفين وكذا إنسياب الاوراق بين المكاتب المختلفة وذلك على عكس الحال فى المنظمات الصناعية التى تهتم أساسا بمناوله المواد داخل أقسام المصنع .

٣ — ٢ — ٧ العوامل التى تأخذ فى الحسبان عن تحديد الترتيب الداخلى للمصنع:

هناك مجموعة من العوامل التى يستعان بها عند تحديد الترتيب الداخلى للمصنع والتى سنتناولها بالشرح فيما يلى:

٣ — ٢ — ٢ — ١ إتخاذ القرار الخاص بالطاقة المطلوبة للمصنع :

عند إعداد تصميم لمصنع جديد ، أو إعادة تصميم أو التوسع لمصنع قائم ، فإنه من أهم القرارات الواجب إتخاذها على أعلى مستوى هو ذلك القرار الخاص بتحديد طاقة المصنع المطلوبة ، إذ لايكفى مثلا أن نراجع المبيعات السنوية للأصناف المنتجة ، إذ قد تكون هذه المبيعات خاضعة لتقلبات موسمية أو غير مستقرة على مدار السنة ، فهل تبنى حساباتنا على أساس حجم المبيعات فى قمة الموسم أو نأخذ نوعاً من المتوسطات يتم فى ضوءها تحديد الطاقة المطلوب توافرها ، فإذا خططنا على أساس متوسط المبيعات فسوف يحقق ذلك لنا نوعاً من الإستقرار

في مستويات العمالة ويحقق كذلك استخداماً أفضل للتسهيلات القائمة، إلا أنه تحت هذه الظروف يتطلب الأمر ضرورة توفير كميات كافية من المخزون لمواجهة مستوى المبيعات المرتفع فى فترات الرواج « القمة » ، وعلى العكس إذا خططنا على أساس أكبر حجم مبيعات ، فيؤدى ذلك إلى تقليل احتياجاتنا من المخزون ، إلا أنه فى نفس الوقت سيؤدى إلى ارتفاع التكاليف بشكل واضح ، وذلك نتيجة لوجود طاقات إنتاجية عاطلة لفترات كثيرة خلال العام.

وعلى هذا فهناك مشكلة تواجه القائمين دائما وهم بصدد اتخاذ مثل هذا القرار وتتطلب دراسة شاملة عميقة وتحليلا إقتصاديا لكل العوامل المؤثرة ، بحيث يمكن الوصول إلى وضع الخطة التى تقلل التكاليف الخاصة بهذه العوامل مثل المخزون، التسهيلات الإنتاجية ، العمالة ، إلى أقل مستوى ممكن.

وبالإضافة إلى ماسبق فهناك سؤال آخر يجب الإجابة عليه وهو هل يكون التخطيط وتصميم المصنع على أساس الطاقة اللازمة لمواجهة المبيعات الحالية أو لمواجهة حجم المبيعات المتوقعة فى الفترات الزمنية المقبلة « سنة أو خمس أو عشر سنوات مثلا »؟ ، وهنا نلاحظ أن إعداد المصنع لمواجهة إحتياجات مستقبلة لا يعنى بالضرورة ضرورة شراء آلات ومعدات أكثر مما تتطلبه إحتياجات الإنتاج الحالية وإنما يكفى أن توفر المساحات والأماكن اللازمة لوجود الأعداد الإضافيه التى قد نحتاجها مستقبلا من هذه الآلات والمعدات ، وعلى هذا لن نتحمل أى تكاليف إضافية ثابتة فى الوقت الحالى إلا فيما يتعلق بالمساحات التى لن تستخدم والمخصصة لإحتمالات التوسع المستقبلة ، وهنا يجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن تكلفة الحصول على مثل هذه المساحات الإضافية فى المستقبل سيكون أكثر بالقطع من الحصول عليها حاليا بالإضافة إلى احتمال صعوبة أو استحالة تحقيق ذلك .

وعند اتخاذ قرار ما فى أى من الحالتين السابقتين ، فإنه يجب أن تراعى :

١ — ما إذا كان المشروع سيقوم بتوفير الإحتياجات المطلوبة منه كلها داخل المشروع أى باستخدام طاقاته الإنتاجية فقط . أم أن جزءا من هذه الإحتياجات

سيتم شرائها من الغير ، ومن ثم فإن الطاقة الإنتاجية المطلوبة سيتم توفير جانب منها عن طريق المشروع والجانب الآخر عن طريق الغير .

٢ — هل سيتم تشغيل المصنع وردية واحدة أو أثنين أو ثلاثة لتحقيق الطاقة الإنتاجية المطلوبة ؟

وبالطبع فإن الإجابة على ذلك يتطلب دراسة تكلفة البدائل المختلفة فى كل الأحوال ، فلاشك أن تشغيل المصنع لأكثر من وردية يحقق استغلالا أفضل للأصول والمعدات الرأسمالية إلا أنها فى نفس الوقت ترفع من تكاليف الإشراف والعمالة مع إحتمال انخفاض مستويات الجودة فى الوردية الثانية والثالثة.

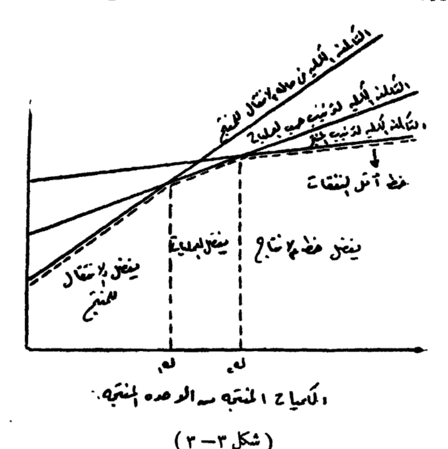
ولاشك أن الأمر يتطلب تحليلا إقتصاديا لكل بديل ، ومع ذلك فعادة ما نجد أن الصناعات ذات الإستثمارات الضخمة فى المبانى والآلات والمعدات كصناعات الصلب والصناعات الكيماوية . . . إلخ . ترى أن تشغيل المصنع أكثر من وردية أمراً إقتصاديا لها ، بعكس الصناعات ذات الإستثمارات البسيطة فى المبانى والمعدات فإن الزيادة التى تتحملها نتيجة ارتفاع تكاليف الإشراف والعمالة لاتتوازى مع الوفورات الناجمة عن إستغلال المعدات والآلات استغلالا أفضل بسبب تشغيلها عدة ورديات.

ومن النقاط الهامة التى تثار دائماً عند تصميم المصنع هو السؤال الخاص بإقامة مصنع من طابق واحد أو عدة طوابق ، وهناك بالطبع عوامل كثيرة توضح مزايا الطابق الواحد إذ أن تكاليف الإنشاءات الخاصة به عادة ما تكون قليلة ، كما أنه يوفر مرونة كبيرة فى المساحة الداخلية لعدم وجود العواميد الداخلية بكثرة التى توجد عادة فى حالة تعدد الطوابق . كذلك فإن تكاليف النقل الداخلى والمناولة أقل أيضاً فى حالة الطابق الواحـــد ، كما أن مضاعفة الطوابق لا يعنى مضاعفة المساحة المتاحة إذ أن أجزاء منها سوف تستخدم فى المصاعد والسلالم والأعمدة ... إلخ ، إلا أنه من ناحية أخرى قد ترتفع تكلفة الأرض بشكل كبير جداً كما هو الحال فى مواقع وسط المدن مما يجعل المبنى المتعدد الطوابق أقل تكلفة للمشروع .

٣ – ٢ – ٢ – ٢ التكاليف الخاصة بالترتيب الداخلى للموقع :

لاشك أن إختيار أفضل ترتيب لموقع ما ، يتطلب تحليلا إقتصاديا لكل بديل ودراسة دقيقة للتكاليف سواء الثابتة أو المتغيرة التى يتحملها المشروع فى كل حالة. وعموما يمكن القول أنه كلما زادت عدد الوحدات المنتجة من الصنف الواحد كلما قلت المزايا الممكن الحصول عليها من الترتيب على حسب العمليات وزادت المزايا الممكن الحصول عليها من الترتيب على حسب المنتج أو خط الإنتاج .

ويوضح شكل (٣ – ٣) أنه كلما زادت الكمية المنتجة من الصنف الواحد كلما كان من الأفضل الإقلاع عن الترتيب القائم على أساس الإنتقال للمنتج إلى الترتيب حسب العمليات ، وأخيراً إلى الترتيب على أساس المنتج أو خط الإنتاج.



(شكل ٣ – ٣)

إذ يتبين من الرسم أن خط أقل النفقات يرتبط بالترتيب على أساس الإنتاج المنتج لكل الكميات ك ≤ ك١ ، وبالترتيب على أساس العمليات لكل الكميات التى تقع بين ك١ ، ك٢ أى الكميات ك حيث ك١ < ك < ك٢ ، وأخيراً يرتبط خط أقل النفقات بالترتيب على أساس خط الإنتاج لكل قيم ك ≤ ك٢.

وعادة مايتم من الناحية العملية إستخدام أكثر من ترتيب واحد فى نفس الوقت ففى صناعة السيارات عادة مانجد بالإضافة إلى الخطوط التجميعية مجموعة من الورش والتى تؤدى كل منها عملية صناعية معينة .

٣ — ٢ — ٢ — ٣ عوامل أخرى :

عادة ماتبدأ عملية الترتيب الداخلى للمصنع ، بتحديد أقسام الإستلام والشحن والتى عادة ماتتحدد فى ضوء شبكة الطرق الحالية والمستقبلة ، كما يأخذ فى الحسبان أيضا مواجهة أقسام الإستلام والشحن لمحطة السكة الحديد إذا وجدت بالقرب من الموقع أو إمكانية الإستلام والشحن عن طريق النيل أو أحد الموانى فى حالة القرب منها .

ثم يلى تحديد مواقع الإستلام والشحن تحديد مواقع الأقسام الأخرى بالموقع ، وذلك بالشكل الذى يقلل أساسا من تكلفة مناولة المواد والمهمات داخل المصنع، ففى حالة التقسيم حسب العمليات يؤخذ فى الحسبان الحركة الحالية والمتوقعة بين الأقسام المختلفة حتى يتم تحديد مواقع هذه الأقسام بالشكل الذى يقلل قيمة الحركة بين الأقسام المختلفة مرجحة بالمسافات المقطوعة بينها نتيجة الترتيب الداخلى المقترح . أما إذا كان الترتيب حسب خط الإنتاج فإن أهم ما يجب أخذه فى الحسبان فى هذه الحالة هو تحقيق التوازن بين اجزاء هذا الخط .

كما يجب أن يؤخذ فى الحسبان ضرورة تصميم المبنى وإجراء الترتيب بما يسمح بحركة العمال والمهمات ، وبما يسمح بتحمل الأحمال الخاصة بالآلات والمعدات مع مراعاة العوامل المختلفة الأخرى كالتهوية ودرجة الحرارة والضوضاء والاضاءة.

ودرجة الرطوبة ، وكذا توافر أماكن لدورات المياه وثلاجات الشرب بما يقلل من الوقت الخاص بإنتقال العمال لهذه الأماكن.

ولا شك أن وجود خرائط لتدفق العمليات والتى سنتناولها فى فصل قادم فى هذا الكتاب سوف تساعد إلى حد كبير فى الوصول إلى أنسب ترتيب داخلى للموقع .

٣—٢—٣ البيانات اللازمة للترتيب الداخل للمصنع:

Data Needed for Layout Planning

لاشك من ضرورة توافر بيانات عديدة حتى يمكن فى ضوءها تحديد الترتيب الداخلى للمصنع ، إذ يجب معرفة المواد الخام اللازمة لكل وحدة منتجة من الأصناف المختلفة وهى ماتسمى بـ bill of materials (BIM) وكذا تحديد الطلب المتوقع على كل صنف من الأصناف المنتجة حتى يمكن فى ضوء العاملين السابقين تحديد حجم العمليات المتوقع . كما يجب معرفة نوعية العمليات الإنتاجية اللازمة للوصول بالمواد الخـام هذه إلى منتجات نهائية ، كما يتم فى ضوء معرفة معدلات التشغيل الآلى واليدوى تحديد نوعية وعدد الآلات المطلوبة وكذا تحديد الأيدى العاملة اللازمة للإنتاج .

وتزداد صعوبة تحـديد الترتيب الأمثل كلما تعددت المنتجات من ناحية والعمليات الإنتاجية اللازمة لها من ناحية أخرى ، ولذا عادة مايستخدم الحاسب الآلى فى هذا الصدد ، إذ عادة ماتستخدم أساليب المحاكاة Simulation كأساس لتحديد الترتيب المناسب ، كما عادة ماتستخدم أساليب بحوث العمليات وبصفة خاصة صفوف الانتظار فى تحديد عدد الآلات المطلوبة وكذا عدد وأماكن مراكز الخدمة اللازمة لتقليل الوقت اللازم لإنتقال العاملين أثناء العمل.

الفصل الرابع

التنظيم الإدارى للمصنع

٤ — ١ مقدمة :

يعد التنظيم من أهم المقومات الأساسية اللازمة لإنجاح أى منظمة من منظمات الأعمال ، إذ يضمن التنظيم الجيد تجميع الجهود والتنسيق فيما بينها نحو تحقيق الأهداف المطلوبة بدرجة عالية من الكفاءة والفاعلية .

فيتم تحديد الأهداف المطلوب تحقيقها ، ثم تحديد أوجه النشاط اللازمة لتحقيق هذه الأهداف ، على أن يلى ذلك تحديد الأعمال اللازم القيام بها وتوزيع هذه الأعمال على الأفراد بطريقة تضمن الكفاءة فى الأداء وحسن إستغلال كافة الجهود والإمكانيات المتاحة ، وما يستتبع ذلك من ضرورة وجود تحديد واضح للسلطات والمسئوليات والعلاقات بين الأفراد وكذلك العلاقات بين الوحدات التنظيمية المختلفة ، وكذا تحديد خطوط واضحة للإتصال وتدفق المعلومات بين وحدات المشروع المختلفة وذلك بالشكل الذى يدعم إتخاذ القرارات ويرفع من كفاءتها .

ولا شك أن نجاح تنظيم أى مشروع من المشروعات إنما يكمن فى مراعاته لطبيعة أعمال المشروع وظروفه من ناحية وكذا مراعاته للمبادىء العلميه المتعارف عليها فى إدارة الأعمال من ناحية أخرى ، فرغم أن المبادىء العلمية لإدارة الأعمال واحدة إلا أنه من الصعب بل من المستحيل أن نجد مشروعين متماثلين تماماً فى الظروف المختلفة ، وهنا تظهر أهمية تطويع المبادىء العلمية لإدارة

الأعمال وفقاً لظروف المشروع حتى نصل إلى التنظيم الذى يضمن حقيقة تحقيق الأهداف المرجوه.

٤ — ٢ أهم المبادىء الأساسية اللازمة لإعداد التنظيم الإدارى :

هناك مجموعة من المبادىء والإعتبارات التى يجب مراعاتها عند إعداد التنظيم الإدارى للمصنع ، ولا تختلف هـــذه المبادىء عن تلك الخاصة بإعداد التنظيم الإدارى لأى منظمة من المنظمات والتى تتناولها كتب أصول الإدارة والتنظيم بشىء كبير من التفصيل . وسوف نبين فيما يلى أهم هـــذه المبادىء وذلك دون الدخول فى التفاصيل التى لاتتفق مع الغرض من هذا الكتاب .

٤ — ٢ — ١ تدعيم وجود المستويات الإدارية :

إذ يجب تدعيم وجود المستويات الإدارية والتى عادة ما تتمثل فى مستوى الإدارة العليا والإدارة الوسطى أو التنفيذية والإدارة المباشرة .

ولقد لاحظ المؤلف غيبة الإدارة الوسطى فى الكثير من الشركات والمصانع المصرية وذلك على الرغم من أهميتها بإعتبارها حلقة الوصل بين الإدارة العليا والإدارة المباشرة من ناحية ، وبإعتبارها مسئولة عن عدد معين من الإختصاصات يؤدى عدم القيام بها إلى عرقلة العمل وعدم ضمان إنسيابه وتدفقه فى سهولة ويسر وظهور العديد من الإختناقات التنظيمية من ناحية أخرى .

٤ — ٢ — ٢ خلق مراكز مسئولية محـــددة :

تقاس فاعلية التنظيم فى جانب أساسى منه بمـدى قدرته على تحـديد مراكز واضحة ومحددة للمسئولية ، إذ يمثل ذلك نقطة البداية الطبيعية نحو ضمان دقة التنفيذ ومن ثم إمكانية المحاسبة على مدى تحقيق النتائج بطريقة موضوعية .

ويتطلب خلق مثل هذه المراكز مايلى :

— تحديد مجموعات الأنشطة الرئيسية اللازمة لتحقيق أهداف المشروع سواء الحالية أو المستقبلة بدرجة قاطعة فى الوضوح .

— تحديد مجموعة الأعمال الأساسية اللازمة لوضع كل من هـذه الأنشطة الرئيسية موضع التطبيق العملى .

— تجميع الأعمال المتشابهة والمترابطة والمتكاملة فى وظيفة واحدة وتحديد المسئولية عنها فى شخص واحد .

— تحديد الإختصاصات الخاصة بكل وجه من أوجه النشاط وكذا الخاصة بكل وظيفة بطريقة واضحة ومحددة .

— تحديد مسئولية كل رئيس بشكل واضح وقاطع مع إعطائه السلطة الكافية للوفاء بالمسئوليات الملقاة على عاتقة .

— عدم إجراء أى تعديل على هذه المسئولية إلا إذا إقتضت طبيعة العمل ذلك ، مع ضمان دراسة هـذه التعديلات ومعرفة تأثيرها على جوانب النشاط الأخرى .

— عدم تلقى المرؤوس أوامره من أكثر من رئيس واحد وهو ما يعرف بمبدأ وحدة القيادة ، فلا يسمح لأى مسئول أن يتخطى أحد الرؤساء وذلك بأن يصدر أوامر أو تعليمات مباشرة إلى مرؤسيه .

ويصاحب عملية تحديد الإختصاصات وخلق مراكز المسئولية هذه ، ضرورة تحديد خطوط السلطة ووسائل الإتصال ، وكذا تحديد العلاقات الوظيفية بطريقة تمنع التضارب فى عملية إتخاذ القرارات وتكفل تحقيق التنسيق المطلوب بين الواحدات المختلفة المكونة للتنظيم .

٤ — ٢ — ٣ خلق نطاق مقبول للإشراف :

إذ يجب أن يشرف الرئيس على عدد متناسب من الأفراد حتى يستطيع أن ينسق بين مجهوداتهم وبما يمكنه من توجيههم للعمل معاً كفريق واحد ومتكامل وبطريقة فعالة ، وبالشكل الذى يوفر للرئيس الوقت الكاف لأعمال التخطيط والإشراف والتوجيه والرقابة . ويختلف العددالذى يمكن أن يشرف عليه الرئيس الواحد بإختلاف طبيعة النشاط من ناحية وبإختلاف المستوى الإدارى من ناحية أخرى ، إذ عادة ما يشرف مدير عام المصنع على شخصين أو ثلاثة على الأكثر فى أغلب الأحيان بينما يشرف الملاحظ على عدد كبير من العمال قد يصل إلى ٢٠ فرداً أو أكثر ، خاصة فى الأعمال الغير الفنية والمتكررة .

٤ — ٢ — ٤ تفرغ الإدارة العليا لأعمال التخطيط والمتابعة :

تتحمل الإدارة العليا المسئولية الأساسية عن إنجاح المشروع وتحقيق أهدافه، ومن ثم يجب أن يتاح لها الوقت الكافى لتحمل هذه المسئولية والتفرغ لأعمالها الأساسية فى مجال التخطيط ورسم السياسات ومتابعة نتائج الأعمال بالنسبة للمشروع ككل .

ونشير هنا إلى أن وجود إدارة وسطى فعالة أمر يفيد فى تحقيق هذا الغرض إلى حد كبير ، لما يؤديه ذلك من إنصراف الإدارة العليا عن التدخل فى مشاكل العمل اليومية .

٤ — ٢ — ٥ خلق كوادر إدارية :

يجب أن يحقق التنظيم درجة كبيرة من المشاركة للمسئولين عن التنفيذ فى عملية إتخاذ القرارات ، مما يؤدى إلى خلق كوادر إدارية جديدة قادرة على تحمل مسئولياتها مستقبلا ، كما يمكن ذلك أيضا من إتخاذ قرارات عملية وبطريقة تأخذ فى إعتبارها الظروف الفعلية للتنفيذ .

كما يجب تحقيق درجة من اللامركزية فى التنفيذ مما يساعد على خلق روح المسئولية والولاء والإنتماء للمشروع . ومما لاشك فيه أن الدقه والوضوح فى عملية تحديد الإختصاصات سوف يكون له أكبر الأثر فى وضع هـذا المبدأ موضع التطبيق العملى .

٤ — ٣ أوجه النشاط الرئيسية للمصانع :

تعمل المصانع على ترجمة خطة البيع والتسويق إلى كميات إنتاج من كل صنف من الأصناف المطلوبة وبالموصفات المحددة والمواعيد المقررة . وفى سبيل ذلك تقوم بتحديد الإحتياجات من الخامات والعبوات والعمالة وكذا تحديد المعدات والأدوات اللازمة للتشغيل ، ووضع خطط الإنتاج والرقابة على تنفيذها بما يضمن الإستغلال الأمثل لعناصر الإنتاج وإمكانياته المتاحة مع الإلتزام الكامل بالمواصفات والجودة المطلوبة .

وعادة ما يحتوى التنظيم الإدارى للمصانع على عدة تقسيمات إدارية كالإنتاج والصيانة من ناحية والإحتياجات من ناحية أخرى هـــذا بالإضافة إدارات إستشارية للتخطيط ومتابعة الإنتاج وأخرى لمراقبة الجودة ، كما عادة ما يحتوى هذا التنظيم على قسم للشئون المالية والإدارية والذى يتبع مـدير المصانع تنفيذياً ويخضع للإشراف الوظيفى للمدير المالى والإدارى فنياً .

ويمكن فيما يلى بيان أهم الإدارات التى يحتويها التنظيم الإدارى للمصنع مع بيان أهم الإختصاصات الخاصة بكل من هذه الإدارات .

٤ — ٣ — ١ إدارة الإنتاج :

تختص إدارة الإنتاج بالآتى :

١ — تزويد إدارة تخطيط ومراقبة الإنتاج بالبيانات عن الإمكانيات المتاحة من الآلات والعمال والمواد وذلك حتى يمكن وضع خطط وبرامج الإنتاج .

٢ — وضع برامج تشغيل الآلات والمواد والعمال وذلك بالشكل الذى يضمن تنفيذ الخطط وبرامج الإنتاج ووضعها موضع التطبيق العملى .

٣ — الإشتراك فى تحديد الإحتياجات من الخامات ومواد التعبئة والتغليف اللازمة لتنفيذ برامج التشغيل .

٤ — إخطار المخازن بهذه الإحتياجات لإتخاذ اللازم نحو توفيرها بالمصانع فى الأوقات المطلوبة .

٥ — الإشتراك فى تحديد الإحتياجات من العمالة بأنواعها المختلفة وإتخاذ اللازم نحو توفيرها وتنميتها بالإشتراك مع الشئون الإدارية .

٦ — تحديد معدلات الإنتاج للآلات والمعدات بما يضمن الإستخدام الأمثل لها .

٧ — الإشتراك مع إدارة الصيانة فى وضع خطط وبرامج الصيانة للآلات والمعدات .

٨ — إعداد الترتيب الداخلى للمصنع بما يحقق إنسياب العمل وتدفقه فى سهولة ويسر ، بما يؤدى إلى حدوث إختناقات فى الإنتاج .

٩ — الإشتراك فى وضع الخطط الخاصة بشراء الآلات وتطويرها أو إستبدالها .

١٠ — المحافظة على المنتجات النهائية تامة الصنع حتى يتم إتخاذ إجراءات تسليمها إلى مخازن المنتجات الجاهزة .

٤ — ٣ — ٢ إدارة الصيانة :

تختص إدارة الصيانة بالآتى :

١ — وضع خطط وبرامج الصيانة بالإشتراك مع إدارة الإنتاج .

٢ — تنفيذ برامج الصيانة اللازمة للآلات والمعدات بالشكل الذى يمنع حدوث أعطال مستقبلا .

٣ — القيام بأعمال الصيانة الدورية والطارئة وإصلاح الأعطال والتلفيات لجميع الآلات والمعدات .

٤ — تحديد الإحتياجات اللازمة من قطع الغيار وذلك بالنسبة لكل آلة أو معدة من الآلات والمعدات .

٥ — الإحتفاظ ببطاقة لكل آلة يوضح بها كل ما يتعلق بها من مواصفات وما أجرى عليها من إصلاحات وبرامج الصيانة المقررة لها خلال الفترة الزمنية المقبلة .

٤ — ٣ — ٣ تخطيط ومراقبة الإنتاج :

تختص إدارة تخطيط ومراقبة الإنتاج بالآتى :

١ — تحديد الإحتياجات من المنتجات النهائية المطلوب إنتاجها خلال كل فترة زمنية معينة وذلك للوفاء بإحتياجات خطة البيع والتسويق آخذا فى الاعتبار أرقام المخزون من هذه المنتجات أول وآخر المدة .

٢ — وضع الخطط الرئيسية للإنتاج وجدولتها زمنياً بما يضمن تحقيق التنسيق المطلوب بين العمليات المتنوعة التى يلزم القيام بها فى المصانع .

٣ — وضع خطط الإنتاج التفصيلية بالنسبة لكل خط من خطوط المنتجات وذلك بالإشتراك مع مدير الإنتاج .

٤ — إقتراح التعديلات المطلوب إجرائها على الخطط الموضوعة ، وذلك فى ضوء أى تغير قد يحدث فى الظروف المصاحبة للتنفيذ .

٤ — ٣ — ٤ مراقبة الجودة :

تتحدد إختصاصات هذه الإدارة فيما يلى :

١ — الإشتراك فى فحص الخامات ومواد التعبئة والتغليف التى يتم شراؤها سواء محلياً أو من الخارج للتأكد من مطابقتها للمواصفات الموضوعة .

٢ — وضع المعايير التى يتم على أساسها مراقبة الجودة للمنتجات المختلفة التى يتم إنتاجها أخذا فى الإعتبار المواصفات الموضوعة .

٣ — إبداء الرأى بالنسبة لأنظمة وأساليب الإنتاج وإقتراح التعديلات اللازم إجراؤها على تسلسل وتتابع العمليات الإنتاجية وذلك بما يضمن منع وقوع الأخطاء أو الإنحرافات أو تقليل إحتمالات حدوثها .

٤ — تحديد نقاط الرقابة المرحلية بما يمكن من مراقبة الإنتاج وإكتشاف الأخطاء عقب كل مرحلة وإتخاذ اللازم نحو تصحيحها .

٥ — تحديد الإنحرافات وتحليل أسبابها وإعداد التقارير بشأنها، تمهيداً للعمل على تلافى حدوثها مع إتخاذ الإجراءات التصحيحية لذلك .

٦ — فحص جودة المنتجات النهائية والتأكد من سلامتها وصلاحيتها وذلك قبل تسليمها لمخازن البضاعه الجاهزة .

٤ — ٣ — ٥ إدارة الإحتياجات :

كثيرا ماتتحمل إدارة المصانع المسئولية الخاصة بتوفير الإحتياجات اللازمة للإنتاج من مواد خام ومواد تعبئة وتغليف بالكمية والجودة والوقت والثمن ومن ومن مصدر التوريد المناسب . وفى هذه الحالة تدخل ادارة الإحتياجات ضمن التنظيم الإدارى للمصانع على أن تختص بالآتى :

١ — وضع خطط وسياسات الشراء سواء المحلي أو الخارجي وذلك بما يضمن تحقيق أهداف الإنتاج .

٢ — توفير الإحتياجات من المواد والمهمات بما يضمن إستمرار تنفيذ العمليات الإنتاجية دون توقف أو تعطل .

٣ — إعداد سجلات منتظمة عن الموردين الذين يمكن التعامل معهم وتحديث بيانات هذه السجلات باستمرار وذلك فى ضوء نتيجة التعامل مع الموردين أو التغير فى الظروف الخاصة بكل منهم .

٤ — تحرير عقود الشراء مع الموردين مع متابعة التوريد للتأكد من وصول المواد المشتراة فى المواعيد المقررة وبالكميات المحددة .

٥ — الإشتراك فى فحص المواد والمهمات والعبوات المشتراة للتأكد من مطابقتها للمواصفات .

٦ — إتخاذ الإجراءات اللازمة لحصر الأصناف الراكدة أو التالفة وبواقى الإنتاج للتصرف فيها إما بالبيع أو غير ذلك من الطرق .

٤ — ٣ — ٦ إدارة المخازن :

وتتحدد إختصاصات هذه الإدارة فيما يلى :

١ — إقتراح سياسات وخطط التخزين ومتابعة تنفيذها بعد إعتمادها من الجهات المختصة .

٢ — إستلام المواد الخام ومواد التعبئة والتغليف بعد فحصها والتأكد من مطابقتها للمواصفات وتنظيم عملية تخزينها بما يضمن المحافظة عليها واستمرار صلاحيتها للإستخدام .

٣ — إعداد التنظيم الداخلى للمخازن بما يمكن من استغلال مساحة التخزين استغلالا إقتصادياً ، وبما يضمن تسهيل عمليات الإستلام والصرف بالنسبة للمواد والمهمات .

٤ — إعداد كروت لكل صنف من الأصناف الموجودة بالمخازن والتي يبين بها حركة الوارد والمنصرف والرصيد، والحد الأدنى والحد الأقصى للمخزون، وتسمى هذه الكروت بكروت الصنف.

٥ — إتخاذ الإجراءات اللازمة لحصر الأصناف الراكدة أو التي بها عيوب تمهيداً للتخلص منها أو التصرف فيها.

٦ — إتخاذ الإجراءات الكفيلة بالمحافظة على الأصناف وتداولها بطريقة سليمة.

٧ — إعداد المؤشرات الإحصائية عن حركة كل صنف بالمخازن وذلك لتحديد الأصناف النمطية وتلك التي تعتبر راكدة وذلك للإستفادة منها في تخطيط سياسات الشراء.

الفصل الخامس

تصميم وتطوير المنتجات والخدمات

تدور جميع الاستراتيجيات فى المشروع حول السلعة والخدمة المقدمة لأنها الأداة الأساسية التى يمكن بواسطتها الحصول على العائد أو الدخل المطلوب، كما أنها نقطة البداية والانطلاق لتخطيط جميع أوجه النشاط الأخرى فى المشروع ومن ثم فإن السلعة أو الخدمة هى أكثر العوامل تأثيراً فى تحديد نجاح أو فشل المشروع، ومن هنا تعتبر دراسة السلع المنتجة أو الخدمات المقدمة من أهم الدراسات التى يحتاجها المشروع، إذ تمكنه من وضع سياسة جيدة للمنتجات يترتب عليها تحقيق الكثير من الوفورات فى تكاليف الإنتاج والتسويق، وتؤدى إلى زيادة المبيعات والأرباح وتحقيق رضاء المستهلك.

كذلك فإن دراسة وبحوث المنتجات والخدمات أمر لابد من إستمراره، وذلك لتعديل وتطوير السياسة القائمة للمنتجات والخدمات بما يتلاءم والعوامل المتغيرة، وإلا تخلف المشروع عن مسايرة التقدم الحادث فى الصناعة وفقد مركزه التنافسى بها.

ولا شك أن تصميم وتطوير المنتجات ليس بالأمر السهل على الإطلاق، إذ لا يقتصر الأمر فقط على ضرورة تلبية إحتياجات المستهلكين المتغيرة بإستمرار، بل أيضاً لمواجهة المنافسة الحادة فى أغلب الأحيان من ناحية والتغيرات المستمرة فى تكنولوجيا الصناعة من ناحية أخرى. فعلى سبيل المثال إعتبر سوق المسطرة الحاسبة من الأسواق المستقرة لمدة طويلة من الزمان وذلك إلى أن ظهرت منذ سنوات قليلة الآلات الحاسبة الصغيرة وبأسعار فى المتناول إلى حد كبير، الأمر

الذى قضى تماماً على سوق المسطرة الحاسبة ، لاسيما وأن هذه الآلات الحاسبة تؤدى وظائف أكثر وبشكل أسرع مع عدم إحتمال وقوع أخطاء على عكس الحال فى حالة استخدام المسطرة الحاسبة . وكنتيجة لذلك تعرضت الشركات المنتجة لهذه المساطر الحاسبة والتى لم تلجأ إلى تطوير منتجاتها إلى الخروج من الأسواق .

ومن هنا تظهر أهمية وضع سياسة طويلة الأجل للمنتجات والخدمات المقدمة ومراجعة هذه السياسة دائماً فى ضوء الظروف المختلفة المتغيرة .

٥ — ١ تنويع المنتجات Diversification :

من الطبيعى أن الإهتمام بسياسة تنويع المنتجات أو سياسة المنتجات ككل لم يكن ملحاً فى الماضى مثلما هو الآن ، فقبل الثورة الصناعية ونظم الإنتاج الكبير كان الإنتاج يتم بالطلب أى أن البيع كان يسبق الإنتاج ، وكانت الصلات شخصية بين المنتج والمستهلك نظراً لأنهما فى منطقة جغرافية واحدة ، الأمر الذى يمكن المنتج من التعرف على رغبات المستهلك وآرائه ، ثم اختلف الأمر كلية بعد ذلك نتيجة إتساع الأسواق وبعد المنتج عن المستهلك وتعدد الوسطاء، ثم زيادة المنافسين وتعـــدد المنتجات والتطور التكنولوجى السريع ، والتطور المماثل فى أذواق وإحتياجات الأفراد وزيادة تأثير وإنتشار وسائل الإعلان المختلفة ، كل هـذه العوامل جعلت الإدارة فى حاجة ماسة إلى إجراء البحوث والدراسات التى تمكنها من وضع السياسات السليمة وإتخـــاذ القرارات الملائمة ، ثم إلى تعديل هذه السياسات وتطويرها بمـا يتلاءم والتغيرات التى تحدث فى تلك المؤثرات والعوامل.

وليس هناك شك فى أن سوق أية سلعة يتكون فى الواقع من عدة فئات من المستهلكين ، تمثل كل منها سوق مستقلة عن الأخرى تتميز بمستوى معين من الدخل والثقافة وبذوق خاص ، ولهذا فإن المشروع قد يجد أن من المربح له أن يقدم شيئاً من التنويع فى السلع التى ينتجها ، ويمكن أن يتخذ التنويـع شكلا

أو أكثر من عدة أشكال ، كإضافة سلعة جديدة أوصنف جديد من نفس السلعة الحالية أو إضافة أشكال أو ألوان أو أحجام ... إلخ .

٥ — ١ — ١ أسباب الإتجاه إلى التنويع :

هناك الكثير من الأسباب القوية التي يمكن أن تدفع المشروع إلى التنويع ، ومن أهم هذه الأسباب :ـــ

١ ــ البحوث وتطوير المنتج : وهي من أهم العوامل وراء الإتجاه إلى التنويع ولها تأثيرها القوي على كل الصناعات .

٢ ــ التطور الاقتصادي والضغط الاجتماعي : تعمل الحكومات وكثير من الهيئات الأخرى في أي مجتمع على تحسين وتدعيم الاستقرار الاقتصادي ، والتنويع من أفضل الوسائل لتحقيق ذلك ، إذ يساعد على تدعيم إستقرار المشروعات ونموها ، أو على الأقل المحافظة على التوظف والعمالة والمبيعات .

٣ ــ الرغبة في النمو : إذا أراد أحد المشروعات التوسع ، فعليه أن يبحث عن أسواق جديدة ، وبالتالي فلابد من إضافة منتجات أو أصناف جديدة .

٤ ــ تحقيق إستغلال أفضل للموارد : يعتبر من أكثر الأسباب أهمية وقوة لإضافة منتج أو صنف جديد ، تحقيق إستغلال أفضل للموارد المتاحة .

ــ وأهم الموارد التي يجب إستغلالها والانتفاع بها إلى أقصى حد هي الطاقة الإنتاجية التي تتمثل في المصنع والآلات والمعدات الإنتاجية المختلفة ، فمن المحتمل ألا يكون هناك طلب على المنتجات الحالية بالقدر اللازم لإستخدام هذه الأصول إستخداماً مناسباً ، وحتى يمكن تشغيل المشروع بطريقة إقتصادية ، فإن من أفضل الوسائل تقديم أصناف جديدة مما يؤدي إلى تخفيض عبء المصروفات الثابتة .

— كما يعتبر وجود أموال عاطلة سبباً قوياً للتفكير فى تقديم أصناف جديدة لإحتمال رفعها للعائد على الإستثمار .

— كما أن هناك أحد الأصول الهامة التى تفشل الميزانية فى إظهاره لكثير من المشروعات ، وهو السمعة أو الشهرة الجيدة ، فبالنسبة للمشروعات ذات الشهرة الواسعة والسمعة الجيدة ، يكون من اليسير عليها تقديم أصناف جديدة ، والإطمئنان إلى درجة كبيرة لقبول المستهلكين لها نظراً للثقة التى تتمتع بها لدى عملائها ، ولهـــذا فإنه فى مثل هذه المشروعات يكون على الإدارة الواعية حسن إستغلال هذا الأصل طالما كان قائماً ومحسوساً .

— ومن الأصول التى تفشل الميزانية فى إظهارها أيضاً ، منافذ التوزيع المملوكة للمشروع ؛ فهى تحتاج إلى أموال لإنشائها والمحافظة عليها ، وتساعد المشروع فى التقدم والنجاح ، ولهذا فمن المفيد إستغلالها إلى أقصى طاقتها .

— كذلك قد تكون مخلفات الخامات التى تستخدم فى صناعة المنتجات الحالية ، سبباً لإضافة أصناف يستفاد فى تصنيعها من هذه المخلفات .

٥ — إعتبارات السوق : إن طلبات المستهلكين وإحتياجات السوق من الأسباب الهامة التى تدفع المشروع إلى إضافة أصناف جديدة ، فيؤدى وجود خط منتجات متكامل لدى المشروع إلى زيادة التأثير على المستهلك ودفعه إلى الشراء ، كما أنه يعطى الوسطاء فرصاً كبيرة للدعاية والترويج ، وأحياناً ما تنخفض تكلفة الدعاية والترويج نتيجة لذلك ، مما يحقق خفضاً فى تكلفة الإنتاج الكلية .

٦ — تكاليف الإدارة والتوزيع والمصروفات الثابتة عموماً : ففى المشروعات الكبيرة توجد مجموعات منظمة متخصصة للقيام بالبحوث اللازمة فى مختلف نواحى النشاط ، لاسيما تلك المتعلقة بالتسويق والإنتاج وهذا كله يحتاج إلى كفاءات وخبرات متنوعة ، ولهذا فإن هناك وفراً يتحقق بتوزيع التكاليف الخاصة بهذه المهارات على الأنواع المختلفة المنتجات .

٧ — درجة المنافسة فى الصناعة : تضطر المشروعات التى تعمل فى صناعات تتميز بالمنافسة الشديدة إلى تنويع منتجاتها لكى تتمكن من الإستمرار والمحافظة على مركزها التنافسى ودعمه ، بعكس الصناعات المحتكرة أو التى لا تعانى من حدة المنافسة .

٥ — ١ — ٢ المشاكل والمخاطر المحيطة بالتوسع فى خط المنتجات :

هناك الكثير من المشاكل التى تحيط وترتبط بالتوسع فى خط المنتجات ، ورغم أن طبيعة ومدى المشاكل يعتمد على أو يتوقف على ظروف المشروع نفسه إلى حد كبير ، إلا أن هناك بعض المشاكل العامة الممكن مواجهتها فى مثل هذه الحالة وأهمها :

١ — زيادة العبء على الأفراد العاملين :

رغم أنه يمكن إلى حد ما التوسع فى خط المنتجات دون تشغيل أفراد إضافيين ، إلا أن بعد حد معين يحتاج المشروع إما إلى تشغيل أفراد إضافيين أو زيادة العبء على العاملين الحاليين بشدة ، وقد ينتج عن ذلك إحتمال عجزهم عن إعطاء الأصناف الجديدة الإهتمام الكافى واللازم لنجاحها ، أو سيكون هذا الإهتمام على حساب إهمال المنتجات الأخرى ، ولهذا فعلى الإدارة أن تدرس التنظيم الخاص بها ، والأفراد الموجودين وأعباء العمل الحالية ، لكى تتأكد من أن الإضافة والتوسع لن تنقص من الجهود اللازمة للمنتجات الحالية بالدرجة التى قد تنقص من رقم المبيعات .

٢ — عدم الملائمة أو التوافق :

كثيراً ما تلاحظ الإدارة أنه مع إضافة أصناف جديدة تزداد التكاليف بطريقة ملحوظة ، وذلك بسبب عدم ملائمة وحدات الصنف الجديد وتوافقها مع السوق أو قنوات التوزيع أو أساليب الدعاية ، ولهذا فإن أحد الخطوات الأولية

التى يجب على المسئولين القيام بها عند تحليل ودراسة المنتج هى تحديد مدى ملاءمة وتناسب هذا المنتج أو الصنف للعمليات الحالية فى المشروع .

— التوافق مع السوق : من الأسئلة الهامة التى يجب أن يطرحها المسئولون هى هل سيتلاءم هذا الصنف مع السوق الحالى ؟ وهل سيشتريه عملاؤها الحاليون؟

— الملاءمة مع منافذ التوزيع : غالباً ما نجد أنه من الممكن نجاح الصنف الجديد فى ضوء توافقه وملاءمته لمنافذ التوزيع المستخدمة ، حتى ولو لم يكن متفقاً أو ملائماً تماماً للسوق الحالى ، وعلى هذا فإذا كان الصنف الجديد سيحتاج منافذ توزيع أخرى خلاف الحالية فعلى الإدارة أن تدرس ذلك بجدية ، لأن القرار الخاص بالإضافة سيحتاج فى هذه الحالة إلى إستثمارات كبيرة ومجهودات إضافية .

— الملاءمة مع الجهود الترويجية : إن الملاءمة مع الجهود الترويجية مرتبط ببعض الشىء بعنصر التوافق مع السوق ، ومع ذلك فيجب على المسئولين أخذ كلا منهما فى الحسبان ، فإذا كانت الأصناف الجديدة يمكن أن يعلن عنها مع الأصناف الحالية فى نفس المجال فإن تكاليف تقديمها ستنخفض إلى حد بعيد عما لو كانت ستتطلب جهوداً ترويجية وإعلانية منفصلة ، وبالطبع يحدث التوافق مع الجهود الترويجية عندما تباع الأصناف أو الصنف الجديد إلى نفس العملاء الحاليين ، ولهذا فإذا كان المنتج الجديد سيباع أساساً إلى أفراد خلاف الذين توجه لهم المجهودات الترويجية حالياً ، فعلى المسئولين فى هذه الحالة زيادة المبالغ المخصصة لنفقات الدعاية والترويج والإعلان .

— الملاءمـــة مع الإنتاج : إذا كان الصنف الجديد يمكن إنتاجه بنفس المعدات الموجوده حالياً فى المشروع ، فإن تكاليفه الحدية ستكون أقل بكثير عما لو كان إنتاجه يتطلب شراء معدات إضافية .

وخلاصة القول أن تكاليف تقديم الصنف الجديد تعتمد غالباً إلى حد كبير على مدى ملاءمته مع كل العناصر السابقة ، فاذا كان التوافق كاملا فان إضافة الصنف ستتم بتكاليف إضافية قليلة نسبياً ، أما إذا كان التوافق منعدما فإن التكاليف سترتفع إلى حد كبير .

٣ — أثره على الأصناف الأخرى :

من الممكن جداً أن يكون لتقديم صنف جديد آثار غير مرضية على مبيعات الأصناف الحالية ، فعادة ما يكون هناك مخاطر كثيرة فى تسويقه لأن هناك كثيراً من عدم التأكد فيما يحيط به ، فهناك عدم تأكد بالنسبة لقبول السوق له ، وهناك مخاطر فيما يتعلق بجودته وأدائه ، وإذا فشل الصنف الجديد فى أن يحوز الرضاء أو القابلية المتوقعة له فى السوق ، فلن يرحب الوسطاء بهذا لأنهم سيتحملون عبء مخزون كبير ، وعلى مدير التسويق أن يأخذ حرصاً كافياً وعناية تامة من عدم تأثير المنتج أو الصنف الجديد على مبيعات الأصناف الحالية تأثيراً سيئاً .

٤ — مقاومة أو معارضة منافذ التوزيع :

وكما سبق أن أشرنا ، فقد يستاء الوسطاء من المشروع إذا أصبح لديهم مخزون كبير من الصنف الجديد الفاشل ، وعلى ذلك فإن مثل هذا القرار - قرار إضافة صنف — قد يفسد علاقة المشروع بقنوات التوزيع المستخدمة ، ولهذا فإن بعض المشروعات توافق على أن تقوم بشراء البضائع الخاصة بها ثانية من الوسطاء إذا لم تباع ، أو تضمن بيع هـذه الأصناف عن طريق حملات دعائية وترويجية قوية .

ويمكن القول إن قليلا من الموزعين وتجار التجزئة هم الذين يرحبون بإضافة أصناف جديدة ، كما أن قليـــلا منهم هو الذى لديه الإمكانيات الكافية لتحمل

توزيع خط متكامل ، فهم يعارضون الإضافة إلا إذا أدت إلى إضافة فى قيمة مبيعاتهم ، أو قد يحل الصنف الجديد محل مبيعات أصناف أخرى تباع حالياً ، وبالتالى قد لا يرغب الموزعون فى أن يكون لديهم صنفين متنافسين يمكن أن تحل مبيعات أحدهما محل الآخر .

٦ — المخاطر المالية :

تمثل المصاعب والمخاطر المالية أهم المشاكل التى تواجه المشروع فى هذا الصدد ، إذ قد تتزايد المجهودات والأعباء التى يتحملها المشروع نتيجة إضافة الصنف أو الأصناف الجديدة عن العائد الذى يتحقق منهما ، وبالتالى سيلحق الضرر بالمشروع من جراء هذه الإضافة .

٥ — ٢ التبسيط Simplification :

يعنى تبسيط خط المنتجات تخفيض عدد أنواع وأشكال السلع المنتجة بالمشروع أو التوقف عن إنتاج بعض السلع أو التشكيلات الحالية التى لا تحقق أرباحاً للمشروع سواء فى الوقت الحاضر أو الأجل الطويل .

وتتعدد الأسباب التى تدفع المشروع إلى التفكير فى حذف أو إلغاء أحد الأصناف أو السلع التى يقدمها ، كما تختلف أهمية هذه الأسباب بين المشروعات المختلفة من حيث تأثيرها فى إتخاذ قرارات الحذف أو الإبقاء ، ويرجع ذلك بطبيعة الحال إلى إختلاف العوامل المحيطة بكل مشروع والخاصة به ، مثل حجمه ومركزه المالى والتنافسى والشهرة التى يتمتع بها والتسهيلات الإنتاجية والخبرات المتوفرة لديه ... الخ ، إلا أنه يمكن القول بأن الأرباح والمبيعات على رأس هذه الأسباب ، فرجل الأعمال المتيقظ لا يتردد فى حذف الأصناف المتقادمة أو الخاملة من مجموع السلع المنتجة أو المعروضة للبيع ، ويعتبر الربح من الأهمية

بمكان بالنسبة لمدير التسويق لدفعه إلى حذف أحد المنتجات الحالية مثلاً يكون عاملا هاماً ورئيسياً فى دفعه إلى إضافة أصناف أو منتجات جديدة من ناحية أخرى ، على أن عدم تحقيق أحد الأصناف لربح ليس مبرراً لإتخاذ قرار نهائى بالتوقف عن إنتاجه، بل يجب دراسة الموقف دراسة شاملة ، وأخذ كل العوامل المؤثرة فى الحسبان ، وأهمها دراسة أثر قرار الاستبعاد على المبيعات والتكاليف الكلية ، خاصة وأن بعض هذه التكاليف ثابتة لا تتغير بتغير حجم الإنتاج ، ويتطلب ذلك ضرورة توافر سجلات منظمة توضح المبيعات وكذلك التكاليف والأرباح لكل سلعة منتجه أو لكل صنف أو شكل على حدة .

٥ — ٢ — ١ . المزايا التى يحققها التبسيط للمشروع :

هناك مزايا متعددة يمكن أن تتحقق نتيجة إتجاه المشروع لتبسيط منتجاته وأهم هذه المزايا :

١ — مزايا من ناحية التشغيل، إذ تتمكن المصانع من الاستمرار فى الإنتاج دون توقف لمدد كبيرة ، فتتجنب بذلك تعطيل الآلات والعمال الذى ينتج عن الإنتقال من إنتاج صنف لآخر، وإعادة إعداد الآلات للإنتاج الجديد .

٢ — كما يؤدى التبسيط إلى مزايا ملموسة فى التخزين نتيجة إنخفاض كمية المواد الخام والمستلزمات التى يحتفظ بها فى المخازن وقلة الأصناف مما ينتج عنه سرعة دوران المخزون وإنخفاض تكلفته ، كما يؤدى التبسيط أيضاً إلى إمكان شراء كميات كبيرة من الخامات المحدودة التنويع وبالتالى يمكن الحصول على خصم كمية مما يحقق وفراً فى تكلفة الشراء ، وبالتالى فى تكلفة الإنتاج .

٣ — كما أن التبسيط يسهل مهمة تخطيط الإنتاج ومراقبته فى مراحله المختلفة .

٤ — وفى مجال التوزيع يؤدى إلى عدم تكدس البضائع عند الموزعين ، وتركيز مجهودات البيع والإعلان فى مجموعة محدودة من السلع .

٥ — ويؤدى إنخفاض التكاليف نتيجة المزايا السابقة إلى إمكان تخفيض أسعار السلع والأصناف المباعة ، الأمر الذى قد ينتج عنه زيادة فى المبيعات ، ومن ثم الأرباح ، وفى هذا تحقيق لأهم أهداف المشروع .

٥—٢—٢ مخاطر التبسيط :

إلا أن المزايا السابقة لا تعنى سلامة سياسة التبسيط وكفاءتها وفوائدها لأى مشروع وتحت أى ظرف من الظروف ، كما لا تعنى التمادى فى تطبيقها ،ذلك لأن هناك حدوداً معينة تنتفى بعدها المزايا والفوائد ، ويبدأ المشروع فى مواجهة بعض المخاطر والمشاكل .

١ — فقد يتعارض التبسيط مع رغبة العملاء فى التنويع أو قد يفقد به المشروع ميزة إنتاج التشكيلة التى تعتبر من المغريات القوية التى يعتمد عليها رجال البيع فى إستمالة العملاء وحثهم على الشراء .

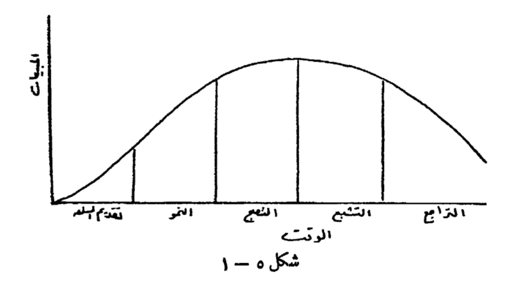
٢ — كما قد يقوم المنافسون بعرض مجموعات كاملة مما يؤدى إلى ضعف مركز المشروع التنافسى ، وإحتمال فقد الكثير من فرص البيع نتيجة تحول المستهلكين لهذه المشروعات المنافسة .

وقد يؤدى ما سبق إلى إنخفاض المبيعات ، وفقد المشروع مركزه القيادى فى الصناعة ، ومن ثم إنخفاض الأرباح التى يحققها ، مما يمثل تهديداً لاستقراره ووجوده .

٥—٣ دورة الحياة الخاصة بالمنتج Product Life Cycle :

تمر المنتجات الصناعية سواء كانت فى شكل سلع مادية ملموسة أو فى شكل

خدمة تشبع رغبات المستهلكين بدوره حياة تتكون عادة من خمس مراحل وذلك كما هو موضح فى شكل ٥ — ١



شكل ٥ — ١

ويمكن بيان هذه المراحل فيما يلى :

١ — مرحلة تقديم السلعة : يتميز المنتج فى هذه المرحلة بارتفاع سعره بالإضافة إلى عدم معرفة المستهلك به ، مع إحتمال مواجهة بعض الصعوبات التى قد تحول دون تأدية المنتج لوظيفته بالشكل المرغوب ، الأمر الذى يؤدى إلى أن تقبل السوق للمنتج فى هذه المرحلة عادة ما يكون محدوداً وقاصراً على الأغنياء من ناحية أو محبى المخاطرة من ناحية أخرى .

٢ — مرحة النمو : يتميز المنتج فى هذه المرحلة بالقبول من جانب السوق، وبالتالى يحقق مبيعات سريعة كنتيجة للجهود الترويجية وجهود التوزيع ، وتحقيق درجة عالية من النمطية للمنتجات ، وزيادة استعمالات المنتج وإنخفاض أسعاره.

٣ — مرحلة النضج : رغم استمرار زيادة المبيعات فى هذه المرحلة ، إلا أنه عادة ما يتجه معدل الزيادة إلى الإنخفاض، إذ يقل عدد الأفراد الذين لا يعلمون

عن السلعة وبالتالى تقل الإحتمالات الخاصة بضم مستهلكين جدد، كما تتميز هذه المرحلة بدخول البعض كمنافسين فى السوق وبالتالى إتجاه سعر المنتج إلى الاستقرار حول مستوى معقول .

٤ — مرحلة التشبع : تتميز هذه المرحلة بقيام معظم الأفراد الراغبين فى السلعة ، بشرائها والحصول عليها وبالتالى تتحدد المبيعات خلال تلك الفترة بالوحدات اللازمة لمواجهة عمليات إحلال السلعه من جانب المستهلكين، أو الزيادة الطفيفة فى الطلب نتيجة الزيادة الكلية فى عدد السكان .

ولا شك من أهمية الترويج للمنتج فى هذه المرحلة وتوضيح المزايا التى تتمتع بها منتجات الشركة بالمقارنة بالمنتجات المنافسة والتى تختلف بطبيعة الحال فى بعض المواصفات .

٥ — مرحلة التراجع وإنخفاض المبيعات : وتظهر هذه المرحلة كنتيجة لتفوق بعض المنتجات المنافسة أو بسبب ظهور بدائل أخرى لمنتجات الشركة تمر بمرحلة النمو والنضج .

ولا يشترط أن تمر كل المنتجات بهذه المرحلة الأخيرة ، إذ أن هناك العديد من السلع والخدمات التى وصلت وما زالت باقية فى مرحلة التشبع ، وذلك على على عكس منتجات أخرى ، وذلك كما سبق أن أشرنا بالنسبة لمنتج كالمسطرة الحاسبة .

وتؤدى الدورة السابقة لحياة السلع والخدمات إلى ضرورة قيام المنشآت بالدراسات الخاصة بتصميم وتطوير منتجاتها ، وهو ما يقتضى القيام بعده أنشطه نبينها فيما يلى :

٥ — ٤ البحث والتطوير Research and Development :

يقصد بهذا النشاط (R&D) القيام بعمليات البحث والدراسة التى قد تؤدى

إلى إكتشاف إمكانية تطبيق أحد البحوث النظرية وتحويلها إلى سلعة أو خدمة يمكن تقديمها للسوق .

ولا شك أن نجاح ذلك يتوقف إلى حد كبير على وجود سياسة منتجات Product policy توضح الغرض الأساسى الذى قامت الشركة من أجله ، فإذا كان نشاط الشركة الأساسى هو إستخراج البترول ، كان معنى ذلك عدم أهمية دراسة الأبحاث الخاصة بالطاقة الشمسية وكيفية استخدامها ، إذ يجب تركيز الدراسة والبحث أساساً فى إيجاد طرق أكثر فاعلية لإكتشاف البترول واستخراجه ، وذلك على عكس الحال إذا كان نشاط الشركة الأساسى هو إنتاج الطاقة ، إذ تفيد فى هذه الحالة الدراسات الخاصة بالطاقة الشمسية ومدى إمكانية إستخدامها فى إنجاح نشاط الشركة وتقوية مركزها التنافسى .

وعلى هذا الأساس يمكننا القول أنه بدون سياسة واضحة للمنتجات سوف تتشتت سياسات البحوث والتطوير وتضل طريقها الأمر الذى يحول دون تدعيم خط المنتجات الخاصة بالشركة وضعف مركزها التنافسى .

وعادة ما تأخذ ترجمة هذه البحوث عدة أشكال ، كظهور منتج جديد أو تطوير منتج قائم ، أو إيجاد استعمال جديد للمنتج القائم ، أو إيجاد عبوة جديدة أكثر ملاءمة ، أو قد تنتهى بتصوير أو تقديم نموذج مادى للسلعة المرتقبة حتى يمكن للإدارة تحديد مدى إمكانية نجاح السلعة فى حالة إنتاجها ، وسوف نتناول هذه الأشكال المختلفة لنتائج تطبيق الدراسات والبحوث فيما يلى :

٥ — ٤ — ١ ظهور منتجات جديدة New Products :

عادة ما يتم إدخال المنتجات الجديدة كنتيجة لأحد الأسباب الثلاثة التالية :

١ — إضافة منتج جديد بقصد إستكمال تشكيلة المنتجات الحالية ، كأن تقوم شركة بإنتاج الأدوات الكهربائية المختلفة واللازمة للمنزل الحديث بإدخال

أجهزة التكييف ضمن مجموعة منتجاتها حتى يمكن بذلك إستكمال مجموعة المنتجات الخاصة بها .

٢ — إضافة منتج جديد مكمل لتشكيلة منتجات كاملة تعمل الشركة على تقديمها، مثل قيام شركة تنتج البويات بإنتاج الفرش وغيرها من أدوات الدهان .

٣ — للإستفادة من فرصة تسويقية لمنتج جديد ليس له علاقة مباشرة بالمنتجات التى تقدمها الشركة ، ومثال ذلك قيام شركة بإنتاج لعب الأطفال المصنوعة من البلاستيك بإنتاج البنادق الحربية .

ولاشك أن هذا السبب لإدخال منتج جديد يحمل معه درجة عالية من المخاطرة وذلك بسبب إحتمال إختلاف طبيعة العمليات الإنتاجية تماماً عن تلك الخاصة بالمنتجات القائمة ، هذا بالإضافة إلى إضطرار الشركة للتعامل مع أسواق جديدة ، الأمر الذى قد يقتضى ضرورة الإستعانة بمهارات إضافية فى تصميم وتطوير المنتج الجديد وفى إنتاجه وتسويقه حتى يمكن تحقيق النجاح من وراء ذلك .

وقد يتم إضافة منتجات جديدة كنتيجة لتجميع معلومات نظرية وترجمتها فى صورة منتجات جديدة ، وذلك كما حدث عند إنتاج التليفزيون والمحركات النفاثة وغيرها من المنتجات . وعادة ما يصاحب هذا الأسلوب درجة عالية من المخاطرة وزيادة كبيرة فى التكاليف الأمر الذى يحد من إمكانية تحقيق ذلك خاصة بالنسبة للمشروعات الصغيرة ، إلا أنه فى مقابل ذلك يترتب على النجاح فى تقديم مثل هذه المنتجات تحقيق أرباح كبيرة وفى خلال مدة وجيزة .

وقد تلجأ إحدى الشركات إلى إستبدال أعمال البحث والتطوير الداخلى بالقيام بشراء المنتج الجديد من إحدى المشروعات الأخرى وتسويق هذا المنتج الجديد تحت العلامة الخاصة بها ضمن مجموعة منتجاتها .

ولاشك أن هذا الأسلوب وإن كان يقلل من نفقات البحث والتطوير

بالشركة ، إلا أنه فى مقابل ذلك تقل احتمالات تحقيق طفرة فى حجم أعمال وأرباح الشركة .

وقد يتاح أيضاً لأحد المشروعات إدخال منتجات جديدة ، من خلال إندماجها مع مشروع آخر ينتج هذه المنتجات ، إلا أن عملية الإندماج هذه عادة ما يصاحبها مشاكل تنظيمية غير منظورة مما يؤثر على العمليات ومدى نجاح المشروع الجديد .

٥ — ٤ — ٢ إدخال تعديلات على منتجات قائمة :

Modification of Existing products

يتم إدخال تعديلات على المنتجات القائمة بقصد ضمان إستمرار وتحفيز إقبال المستهلكين على شراء السلعة ، وتتم هذه التعديلات عادة عن طريق :

١ — إدخال تعديلات على المنتجات لكى تتمشى مع الإتجاهات المستمرة لإحتياجات المستهلكين .

٢ — إضافة خصائص جديدة تضع المنتج فى مكانة متميزة أوفريدة بالنسبة للمنتجات المنافسة وذلك كما هو الحال عندما قامت بعض شركات التليفزيون بإدخال الريموت كونترول remote - control.

٣ — إعطاء المنتج الحالى صورة ونظرة جديدة وذلك من خلال تعديل العبوات ومواد التعبئة والتغليف المستخدمة .

٤ — إدخال تعديلات من شأنها تخفيض تكلفة الإنتاج وذلك دون تغيير فى طبيعة الوظائف التى يقدمها المنتج ، كأن يعاد تصميم المنتج بالشكل الذى يقلل من الخامات المستخدمة ، أويستبدل الخامات المكلفة بأخرى أقل تكلفة كما هو الحال فى إستبدال بعض الأجزاء المعدنية بأخرى مصنوعة من البلاستيك ، كما يتم

عادة تحقيق وفورات كبيرة فى تكلفة الإنتاج إذا ما تم تعديل المنتج بالشكل الذى يمكن من إستبدال بعض الأجزاء بأجزاء أخرى نمطية .

٥ — ٤ — ٣ إدخال إستخدامات جديدة لمنتجات قائمة :

New Uses for Existing Products

إذ تهدف كثير من الأبحاث والدراسات إلى محاولة إيجاد إستخدامات جديدة لمنتجات قائمة . وكذا محاولة تقديم المنتج نفسه أو بعد تعديلات طفيفة فى أسواق من طبيعة جديدة ، فقد يقوم مشروع معين بإنتاج منظفات صناعية لأرضيات المنازل بإنتاج منظفات صناعية تفيد فى تنظيف أرضيات المصانع .

٥ — ٤ — ٤ عبوة جديدة New Packaging:

ويشتمل ذلك على تغيير حجم العبوة أو شكلها أو أى عنصر آخر من عناصر شكلها الخارجى دون التأثير فى طبيعة المنتج نفسه . وكثيراً ما ينتهى ذلك بتقديم نفس المنتج فى شكل جديد وذلك بإجراء هذه التعديلات فى الشكل والحجم حتى تكون أكثر ملاءمة للمستهلك . وذلك كأن يتم تعبئة الخضروات المجمدة فى عبوات تكفى لحاجة الأسرة المتوسطة لأكثر من يوم واحد مما يسهل على ربة البيت تجهيز الطعام مرة واحدة ولأكثر من يوم واحد . أو تقديم المياه الغازية فى أشكال وعبوات مختلفة .

كما أن إختيار شكل عبوة جذاب قد يكون من شأنه تحقيق نجاح كبير للشركة وزيادة فى حجم أعمالها .

٥ — ٥ تصميم المنتج Product Design :

إن أول خطوة لإنتاج السلعة ، هى وضع التصميم الخاص بها واللازم لإنتاجها ، ويتأثر عادة هذا القرار — قرار التصميم — بثلاث وظائف رئيسية فى المشروع :

٥ — ٥ — ١ الوظيفة التسويقية :

إن بحوث التسويق والدراسات المختلفة التى تتم عن السوق المحتملة للسلعة ورغبات المستهلك من حيث الشكل وطريقة الأداء التى يرغبها ، ومدى جاذبية تصميم معين للمستهلك ، والقدرة على تمييز السلعة الخاصة بالمشروع عن السلع المثيلة التى يقدمها المنافسون ، كل هذه الاعتبارات لابد من أخذها فى الحسبان قبل وضع التصميم الخاص بأى منتج . لهذا فإن رجال التسويق لابد وأن يشتركوا من هـــذه الناحية فى عملية التصميم ، وذلك بعرض هذه الاعتبارات وتحليلها للمختصين والقائمين بعملية التصميم حتى يتم ترجمتها وتحويلها إلى منتج تام الصنع بالشكل الذى يحقق رغبات المستهلك النهائى ، ويقوى من مركز المشروع التنافسى فى السوق ، ومن ثم يؤدى إلى زيادة المبيعات والأرباح ، وهذا هو الهدف النهائى لأى مشروع .

٥ — ٥ — ٢ الوظيفة الإنتاجية :

بعد أخذ ودراسة العوامل التسويقية السابقة ، يبدأ ترجمة هذه المواصفات إلى تصميمات فيقوم المهندسون بعمل الرسوم الهندسية اللازمة ، وتحديد مكونات وأجزاء السلعة ، والعمليات الإنتاجية اللازمة لتصنيع كل من هـذه الأجزاء ، ونوع المواد المستعملة فى كل منها ، ودرجة الدقة فى كل مرحلة والمهارات الواجب توافرها فى العنصر البشرى الذى سيعهد إليه بتنفيذ العمليات المختلفة ، والدرجة المطلوبة للرقابة على الجـــوده للتأكد من تنفيذ المواصفات وعدم الإنحراف عنها ، كل هذه الإعتبارات الإنتاجية يجب مراعتها بدقة ودراستها قبل البدء فى تنفيذ أى تصميم مقترح لأى منتج .

٥ — ٥ — ٣ الوظيفة المالية « التكاليف » :

إن إختيار تصميم ما لسلعة من السلع ، يجب أن يحقق المزايا التسويقية التى ذكرناها من حيث تحقيق رغبات المستهلك ومواجهة المنافسة واجتذاب أكبر

عدد ممكن من العملاء ، كذلك فإن ذلك التصميم يجب أن يترجم إلى رسوم وأجزاء ومواد ومراحل . . . الخ ، وذلك بحيث نضمن تنفيذه بأعلى درجة من الكفاءة الممكنة .

إلا أن أخذ الإعتبارين السابقين وحدهما فى الحسبان ، قد لا يحقق مصلحة المشروع النهائية ، إذ يجب أن يتم ذلك بأقل تكلفة ممكنة ، وقد تتعارض بعض الإعتبارات المتعلقة بالصنع والدقة اللازمة فى الأجزاء المنتجة مع إعتبارات التكلفة ، ولهذا يجب دائماً تحقيق نوع من التوازن بين هـــذه العناصر الثلاثة السوق ، الإنتاج ، التكلفة .

ومن أجل تحقيق ذلك التوازن بين الإعتبارات السابقة ، لذلك فإنه عادة ما يشترك ممثلين عن كل من الإدارات المعنية فى لجنة تقوم بدراسة وتحليل ومناقشة الإعتبارات المختلفة بالنسبة لأى تصميم مقترح ، وإذا وافقت اللجنة على أحد هذه التصميمات تبدأ بعد ذلك المراحل التفصيلية الخاصة بتنفيذ هذا التصميم .

إلا أن هناك حالة مختلفة عما سبق وهى حالة المشروعات التى تنتج بالطلب ، ففى هذه الحالة يحـــدد العميل التصميم المطلوب ، ويقوم المشروع بدراسته معه ومناقشته إلى أن يصلا إلى الإتفاق على التصميم النهائى .

على أن التصميم الأمثل لسلعة معينة ، لا يعنى أبداً أن نستمر فى إنتاجها بدون تعديل أو تغيير ، إذ أن التطور فى أذواق وإحتياجات الأفراد والتطور التكنولوجى السريع وزيادة تأثير وسائل الإعلان المختلفة ، كل هذه العوامل جعلت الإدارة فى حاجة ماسة إلى البحوث التى تمكنها من وضع سياسة المنتجات وتعديلها وتطويرها بما يتلاءم والتغيرات التى تحدث فى تلك العوامل .

٥ — ٦ متطلبات تصميم المنتج :

يتبين لنا مما سبق أن تصميم وتطوير المنتجات يتطلب توافر معلومات عديدة سواء كانت هذه المعلومات من داخل الشركة أو خارجها ، إذ يقتضى الأمر ضرورة توافر بيانات عن تكلفة المواد الخام البديلة الممكن إستخدامها ، كذلك معلومات عن مدى إمكانية إستخدام أجزاء نمطية ، النتائج الخاصة بإختبار المنتجات وتجربتها ، هذا بالإضافة إلى ضرورة أخذ نتائج دراسات السوق فى الحسبان ، إذ أن تجميع وتحليل هذه البيانات يعد أمر ضرورى لتحديد المواصفات الخاصة بالمنتج النهائى .

٥ — ٦ — ١ المواد الخام :

كثيراً ما يمكن إستخدام مواد خام بديلة فى إنتاج المنتج الصناعى الواحد ، فقد يستخدم على سبيل المثال الالومنيوم كبديل للصلب فى إنتاج منتج ما أو جزء من هذا المنتج ، كما كثر إستخدام الزجاج المقوى كبديل لكل من الألمونيوم والصلب بالنسبة لكثير من المنتجات ، وذلك كما هو الحال فى صناعة السيارات .

وعند تحديد المادة الخام المستخدمة هناك مجموعة من العوامل التى يجب على المصمم أن يأخذها فى الحسبان وهى :

١ — مستوى الأداء المطلوب من المنتج .

٢ — التكاليف الخاصة بإستخدام كل مادة خام .

٣ — تكاليف التشغيل فى حالة إستخدام كل نوع من المواد الخام .

٤ — تأثير إستخدام كل نوع من المواد الخام على الشكل النهائى للمنتج .

٥ — مدى توافر المواد الخام البديلة سواء كان ذلك فى الوقت الحاضر أو الوقت المستقبل .

وعلى هذا الأساس فإن التكاليف الخاصة بشراء المواد الخام لا تعد الفيصل

النهائى فى تحديد نوعية المواد الخام المستخدمة ، إذ قد تقل تكلفة المواد الخام إلا أنه فى مقابل ذلك قد ترتفع التكاليف الكلية نتيجة إرتفاع تكاليف التشغيل ، أو قد يزيد العمر الإنتاجى للمنتج بالشكل الذى يغطى الزيادة فى تكلفة المواد الخام ، هذا بالإضافة إلى أهمية العوامل الأخرى السابق ذكرها والتى تؤثر بلا شك على القرار الخاص بتحديد نوع المواد الخام المستخدمة فى تصنيع المنتج .

٥ — ٦ — ٢ الغرض المطلوب من إنتاج السلعة :

يجب دراسة كل عنصر من عناصر التكلفة الخاصة بمكونات المنتج وذلك للتأكد من تلبية المنتج للغرض المرجو من إنتاجه بأقل تكلفة ممكنة ، وأحياناً ما يطلق على هذه الدراسة بـ Value analysis/Value engineering (VA/VE) .
فإذا كان المطلوب هو إنتاج قلم حبر لأغراض الكتابة فإنه يمكن إنتاج مثل هذا القلم لتأدية هذه الوظيفة بأقل تكلفة ممكنة ، وذلك على عكس الحال إذا كان المطلوب هو إنتاج قلم ليس فقط للكتابة بل لإظهار المستوى المادى والإجتماعى لحامله ، إذ قد يقتضى الأمر فى هذه الحالة الأخيرة إستخدام تصميم آخر ومواد خام أخرى حتى يمكن تأدية هذه الوظيفة الجديدة المرجوة من إستخدام مثل هذا القلم .

ونشير هنا أن دراسة الـ VA/VE تبدأ بتحديد الوظيفة الخاصة بالمنتج ، على أن يلى ذلك ضرورة الإجابة على مجموعة من الأسئلة الموضوعية والتى عادة ما تتاح فى قوائم جاهزة ويتم إستخدامها من جانب الشركات ، وتحتوى هذه القوائم على مئات الأسئلة فى بعض الأحيان والتى تدور حول المعانى الأساسية التالية :

١ — هل يؤدى تصميم جديد أقل تكلفة نفس الأغراض الخاصة بالتصميم الحالى ؟

٢ — هل من الممكن إستبدال بعض أجزاء المنتج بأجزاء نمطية متاحة فى السوق ؟

٣ — هل يمكن تخفيض الوزن الخاصة بالوحده المنتجة ؟

٤ — هل من الممكن إستخدام مواد خام أخرى ذات تكلفة أقل فى تأدية نفس الوظائف الخاصة بالمواد الخام المستخدمة ؟

٥ — هل يمكن تخفيض تكلفة التعبئة ؟

٦ — هل القدره الخاصة بالوحده المنتجة أكثر مما هو مطلوب ؟

٧ — هل الجوده الخاصة بالوحده المنتجة أكثر مما هو مطلوب ؟

ولا شك أن نقطة البداية للدراسة والتطوير تبدأ من وجود إجابات غير مرضية لمجموعة من الأسئلة والتى تحتويها هذه القائمة .

ونشير هنا إلى النتائج الباهره التى حققتها الكثير من الشركات الأمريكية التى تستخدم الـ VA/VE ، فقد أمكن لأحد الشركات إستبدال مسمار من نوع معين يتكلف ١٥ سنتاً أمريكياً بآخر يتكلف ١و٥ سنتاً فقط الأمر الذى حقق وفورات سنوية قدرها ٢٠٠٠٠ دولاراً أمريكياً ، كما أمكن لشركة أخرى تتحمل تكلفة ١٥و٤ دولاراً أمريكياً لإنتاج الوحده من أداة اللحام والوصل أن تتحمل فقط ١٥ سنتاً عندما تبين لها أنه يمكن شراء هذا المنتج من مورد خارجى .

٥ — ٦ — ٣ الحاجة للتنميط Standardization :

نقصد بالتنميط الإتفاق على مواصفات محدده أو خصائص محدده للسلعة وسواء كان ذلك بالنسبة لجودتها أو تصميمها أو أدائها أو حجمها أو شكلها الخارجى أو كل أو بعض هذه العوامل مجتمعة . ولا شك أن تنميط وحدات السلعة أو أجزائها يسهل الأمر ليس فقط على المصانع التى يمكنها إنتاج عدد كبير من الوحدات من السلعة الواحدة بل أيضاً يسهل الأمر على المستهلك بشكل كبير ، فإذا اشترى شخص ثلاجة فى الولايات المتحدة الأمريكية فإنه يتوقع أنه

يمكن تشغيلها باستخدام الفولت الكهربائى هناك وهو ١١٠ فولت ، على عكس الحال بالنسبة للمستهلك المصرى الذى يشترى ثلاجة إيديال فإنه يتوقع إمكانية تشغيلها بإستخدام الفولت الكهربائى فى مصر وهو ٢٢٠ فولت . كذلك الحال عند شراء لمبة كهربائية ، فإنه من المسلم به إمكانية تركيبها فى التجويف المخصص لها بأى نجفة فى أى منزل .

ولاشك أن عدم وجود وحدات قياسية سوف يحول دون إمكان وجود خطوط لإنتاج هذه الوحدات بكميات كبيرة ، كما يؤدى إلى تعقد عمليات الإصلاح والتى كثيراً ما تحتاج إلى تغيير جزء صغير من المنتج .

ويمكن تخيل المشاكل التى يقع فيها أصحاب السيارات إذا لم تكن أجزاء السيارات محددة بشكل نمطى يسهل معه إستبدالها بأخرى جديدة .

لذا عند تصميم المنتج يجب أن نأخذ فى الحسبان ضرورة الإلتزام بأن تكون مكونات هذه المنتجات هى أجزاء نمطية يسهل شراؤها وتوفيرها من السوق ، إذ يمكن ذلك من شراء هذه الأجزاء المطلوبة بشكل أيسر وبأسعار أقل وذلك نظراً لشراء كميات كبيرة من عدد محدود من الأصناف ، بدلا من شراء كميات محدودة من عدد كبير من الأصناف فى حالة عدم إستخدام أجزاء نمطية ، كما يسهل ذلك من عمليات الإستلام والفحص ، هذا بالإضافة إلى تسهيل الأمر على البائع الذى ينعكس أثره على سهولة التوريد وبالتالى تقليل الحد الأدنى من المخزون الواجب الإحتفاظ به من جانب المشترى من ناحية ، كما يسهل عمليات المراقبة على المخزون بسبب تخزين عدد أقل من الأصناف من ناحية أخرى ، كما يؤدى أيضاً إستخدام الأجزاء النمطية إلى تسهيل عمليات التشغيل والصيانة والرقابة على الإنتاج .

أى أنه يمكن القول بأن إستخدام الأجزاء النمطية من شأنه فى النهاية تخفيض تكلفة الشراء والتخزين وكذا تكاليف التشغيل .

ولا يقتصر الأمر فقط على تنميط وحدات السلعة أو تنميط أجزائها ، بل

هناك إتجاه نحو تصميم السلعة من مجموعة من الأجزاء التى يمكن معها إستبدال كل جزء من هذه الأجزاء modular design ، وبالتالى فى حالة تعطل أحد هذه الأجزاء فإنه يمكن إستبدال هذا الجزء برمته أو يمكن حمل هذا الجزء إلى جهة مركزية للصيانة والإصلاح ، حيث تقل تكلفة العمال فى هذه الحالة بدرجة كبيرة عما هو الحال فى حالة عدم إمكان فك هذا الجزء العاطل وبالتالى ضروره إنتقال فريق الإصلاح إلى الآلة أو المنتج لإصلاحها .

٥ — ٦ — ٤ بيانات بحوث التسويق Market Research Inputs:

لقد تمثلت المتطلبات السابق ذكرها لتصميم المنتج فى تلك البيانات النابعة من داخل المنشأة ، إلا أن نجاح المنتج يتحدد ولاشك فى النهاية بواسطة المستهلك الأمر الذى يقتضى ضرورة أخذ رغباتهم فى الحسبان عند وضع أوتطوير التصميم الخاص بالمنتج ، وتلعب بحوث التسويق التى تجريها المشروعات دوراً كبيراً فى هذا الصدد ، إذ عادة ما تقوم المشروعات بتصميم قائمة إستقصاء تحتوى على مجموعة من الأسئلة الدقيقة و التى تصاغ بطريقة فنية تمكن المنشأة من التوقف على رغبات وحاجات المستهلكين .

إذ يتم الحصول على بيانات خاصة بحجم السوق المرتقب بالنسبة للتصميمات البديلة المختلفة (الشكل ، العبوة ، درجة الصلاحية للتشغيل ، وغيرها من الخصائص الأخرى الخاصة بالمنتج) والتى يمكن للشروع إختيار أى منها . كما يتم التنبؤ بحجم السوق المرتقب لكل سعر من الأسعار البديلة التى يمكن أن تقدم بها السلعة ، هذا بالإضافة إلى الحصول على بيانات كافية عن المنافسة والمنافسين وإتجاهاتهم المستقبلة .

ولذا وكما سبق أن بينا فى فقره ٥ — ٥ — ١ يتبين لنا أهمية بحوث التسويق هذه وكذا أهمية إشتراك رجال التسويق فى إقتراح التصميم الخاص بأى منتج .

٥ — ٦ — ٥ الموارد Resources :

كما يجب عند وضع التصميم النهائى لأى منتج أن نأخذ فى الحسبان نوعية الموارد المتاحة سواء كان ذلك بالنسبة للمواد الخام أو المعدات والآلات أو المهارات المختلفة وكذا حجم الأموال المتاحة وبصفة خاصة فى الفتره الأولى لتقديم المنتج الجديد ، إذ أن هذه الموارد هى فى النهاية الأداه التى يتم بواسطتها إخراج التصميم المقترح إلى حيز الوجود .

فكلما إقتربت الإحتياجات اللازمة للتصميم الجديد من تلك المتوافره لدى المشروع ،كلما أمكن إتمام عملية التصنيع بسهولة ويسر ، وذلك على عكس الحال. إذا ما تطلب التصميم الجديد نوعية جديده من الأعمال، لما يقتضيه ذلك من ضروره تدريب العاملين على هذه الأعمال الجديده وكذا إحتمال شراء آلات جديده ، بل ضروره اللجوء أحياناً إلى بناء خطوط إنتاج أو مصانع جديده ، وهو الأمر الذى يتطلب ليس فقط توافر الوقت والجهد الكاف بل يقتضى أيضاً ضروره. توافر الأموال بكميات كافية وبصفة خاصة خلال الفتره الأولى لتقديم المنتج ، لاسيما وأن الإيرادات المتوقعة من بيع المنتج الجديد سوف تكون محدوده فى هذه المرحلة .

ويرجع فشل كثير من المشروعات إلى عدم توافر الأموال الكافية سواء. المملوكة أو المقترضة خلال هذه الفترات الأولى ، ودون أن يتاح للمنتج الجديد التواجد فى السوق أصلا ، رغم ما قد يحمله المنتج الجديدة من سمات وخصائص مقبولة بل ومرغوبة للسوق بسبب إشباعها حاجات حقيقية ومطلوبة من جانب. المستهلكين .

٥ — ٦ — ٦ إختبار المنتج الجديد Testing :

إذ عادة مايسبق الإنتاج الفعلى للمنتج ضرورة إجراء مجموعة من الإختبارات

اللازمة على نموذج لهذا المنتج والتأكد من صلاحيته القيام بالوظائف المتوقعة أو المرجوة منه ، وذلك مثل تجربة إطار جديد للسيارات فى طريق ملىء بالمسامير أو تجربة ساعة جديدة عن طريق إسقاطها فى خلطة من الأسمنت لمعرفة مدى تأثير ذلك على كفاءة تشغيل الساعة . أى يتم التركيز فى هذه المرحلة على معرفة جودة المنتج ومدى صلاحيته للقيام بالوظائف المرجوة منه .

ويلى إستيفاء المراحل السابقة إجراء دورة إنتاجية واحدة للمنتج الجديد فى ظل ظروف التشغيل المتوقعة وذلك بقصد التعرف على أى أخطاء فى العملية الإنتاجية أو فى شكل المنتج النهائى والعمل على إستبعادها ، وبذا تكتمل الخطوات اللازمة لتصميم المنتج الجديد ويصبح من الممكن البدأ فى الإنتاج الكبير وتقديم المنتج بشكل نهائى للسوق .

٥ — ٧ تحديد خصائص المنتج Product Specifications :

إذ يتم تحديد وكتابة خصائص ومواصفات المنتج وذلك ببيان أبعاد الوحدة المنتجة ووزنها وحجمها ودرجة مقاومتها وكذا الأجزاء المكونة لها مع بيان كيفية تجميع هذه الأجزاء .

ولاشك أن قائمة المواصفات والخصائص سوف تتكون من آلاف الصفحات بالنسبة لبعض المنتجات المعقدة كالطائرات ، لذا عادة ما يشترك مجموعة كبيرة من الفنيين فى كتابة قائمة المواصفات والخصائص لمثل هذا النوع من المنتجات .

٥ — ٨ قائمة المواد اللازمة للوحدة المنتجة Bill of Materials:

بالإضافة إلى كتابة القائمة السابقة لمواصفات وخصائص المنتج بشكل دقيق وكامل ، يقتضى الأمر أيضاً ضرورة تحديد قائمة المواد (B/M) ، إذ يقوم مهندس

التصميم فى ضوء قائمة المواصفات والخصائص بتحديد الأجزاء المكونة لكل وحدة منتجة .

ويتم إرسال قائمة المواد هذه مصحوبة بالجدول الزمنى للإنتاج إلى إدارة المشتريات التى تتولى توفير هذه المواد فى المواعيد وبالكميات اللازمة للإنتاج من ناحية وفى ضوء الكميات المخزونة من ناحية أخرى ، وذلك ما سوف نتناوله بالتفصيل فى الفصل السابع .

كما يتم بعد ذلك وضع خرائط التجميع وكذا خرائط العمليات وتدفقها وهو ما سنتناوله فى الفصل السادس من هذا الكتاب .

٥ — ٩ تصميم الخدمات Designing Services :

تشبع منشآت الخدمات الكثير من حاجات المستهلكين وذلك دون تقديم سلع مادية ملموسة ، فتقدم المدارس خدمة التعليم ، وتقدم المستشفيات الخدمات الصحية ، وتقدم شركات الطيران خدمة النقل ، ورجال الإطفاء يقدمون الخدمات الخاصة بإطفاء الحريق ، وغيرها من المنشآت الخدمية وبصفة خاصة القطاع الحكومى والذى ينحصر دوره الأساسى فى تقديم الخدمات للمواطنين .

ولقد إرتفعت معدلات النمو لمشروعات الخدمات بشكل يفوق معدلات النمو الخاصة بأى قطاع إقتصادى آخر إلى الحد الذى أصبح عنده فى معظم الدول المتقدمة أن نصف حجم القوى العاملة أو أكثر يعمل فى المشروعات الخدمية بعد أن كانت المشروعات الإنتاجية التى تقدم السلع المادية الملموسة هى الرائد فى هذا الصدد .

ويتأثر قرار تصميم الخدمة بنفس العوامل الخاصة بتصميم السلع المادية ، سواء كانت العوامل التسويقية أو الإنتاجية أو المالية ، لذا يقتضى تصميم الخدمة ضرورة دراسة الهدف الأساسى للمنشأة والموارد المتاحة وكذا إحتياجات السوق .

فقد تقوم الجامعة مثلا فى ضوء الدراسة السابقة بتصميم مقررات دراسية جديدة وتحذف مقررات دراسية قائمة حتى تلبى إحتياجات المجتمع ، أو قد تقوم مستشفى بتقديم خدمات صحية جديدة ، أو أن تقوم شركة تأمين بتقديم مجموعة بوالص جديدة . كما يجب على الحكومات سواء المحلية أو المركزية ضرورة دراسة نوعية الخدمات التى يجب أن تقدمها لمواطنيها ، فهل من اللازم مثلا أن تقدم الحكومة المصرية خدمات التعليم مجاناً حتى بالنسبة للدراسات العليا بالجامعات ؟ وهل تسأل الحكومة عن ضرورة توفير فرص العمل لكل الخريجين ؟ فلاشك أن الإجابة على مثل هذه الأسئلة أمر ضرورى لرفع الكفاءة الخاصة بالجهاز الحكومى .

ولا يقتصر الأمر فقط على تحديد نوع الخدمات بل يمتد الأمر أيضاً إلى ضرورة تحديد مستوى الخدمات level of services وأيضاً الوقت والأماكن التى تقدم فيها هذه الخدمات ، فقد يقرر بنك فتح فروع له فى مناطق نائية وقد يقرر زيادة ساعات العمل بما يسمح بتقديم خدماته لمدد أطول خلال اليوم الواحد .

ولا شك أن المنافسة الحادة فى السوق قد دفعت الكثير من المشروعات الإنتاجية إلى تقديم العديد من الخدمات لمستهلكى السلع ، مثل تقديم الضمانات الكافية ، وتقديم خدمات الصيانة والإصلاح وغيرها من الخدمات المختلفة .

الفصل السادس

تخطيط وجـــدولة الإنتاج

لقد بيانا فيما سبق الخطوات اللازمة لتصميم المنتج والعوامل التى تؤخذ فى الحسبان عند إختيار موقع المصنع وترتيبه داخلياً بالشكل الذى يجعله جاهزاً . وسوف نتناول فى هذا الفصل كيفية التنبؤ بالطلب على المنتجات ثم كيفية تحويل هذا الطلب المتوقع الى خطة للإنتاج وأخيراً الجدولة الزمنية للموارد اللازمة لتنفيذ هذه الخطة .

ونلاحظ هنا الترابط الكامل بين الوظائف الثلاثة السابقة ، إذ أن تغيير فى حجم الأعمال المتوقع لابد وأن ينعكس أثره على خطة الإنتاج وبالتالى على الجداول الزمنية للإنتاج .

٦ ــ ١ التنبؤ بالطلب Forcasting Demand :

يعتبر التنبؤ بالطلب هو نقطة البداية لتخطيط الإنتاج ، إذ أن إنتاج كمية أكثر من اللازم من منتج معين يؤدى إلى زيادة رصيد المخزون وبالتالى زيادة التكاليف ، كما أنه من ناحية أخرى يؤدى إنتاج كمية أقل من اللازم إلى عدم تلبية إحتياجات العملاء وبالتالى إحتمال فقدان جانب من السوق المرتقب للمشروع .

وعلى الرغم من ذلك فإن كثيراً من المشروعات لاتزال مقتنعة بعدم أهمية وجدوى التنبؤ بالنسبة لتخطيط أنشطتها المختلفة إذ تعتقد هذه المشروعات بأن لها ظروف خاصة ومختلفة وبالتالى لا يصلح تطبيق أساليب التنبؤ بالنسبة لها ، علماً بأنه يمكن على الأقل إستخدام طرق التنبؤ هذه لتحديد رقم المبيعات المرتقبة

بشكل عام ، وبالتالى تحديد رقم تقريبى للإحتياجات من مستلزمات الإنتاج المختلفة .

ولاشك أن عملية التنبؤ هذه لا تعنى الوصول إلى نتائج دقيقة وخالية من أى خطأ وإنما يقصد بالتنبؤ تحديد النتائج الأكثر إحتمالا ، وهذه نقطة هامة إذ يعتقد البعض بعدم أهمية التنبؤ مدللين على ذلك بإختلاف الأرقام المتوقعة عن الأرقام الفعلية فى حالة من الحالات ، فمثلا إذا كان إحتمال ظهور الرقم (٦) عند رمى زهرة النرد هو $\frac{1}{6}$ فليس معنى هذا أننا نتوقع ظهور الرقم (٦) مرة واحدة كل ستة رميات إذ قد لا يظهر هذا الرقم بالمرة أو قد يظهر أكثر من مرة ، إلا أنه فى عدد كبير من المرات نجد أن عدد مرات ظهور الرقم (٦) يقترب من $\frac{1}{6}$ عدد مرات الرمى الكلية ، وإذا كان هذا هو الحال بالنسبة لزهرة النرد فيختلف الحال بالنسبة للتنبؤ برقم المبيعات إذ أن درجة معرفتنا للعوامل المؤثرة فى رقم المبيعات أقل بكثير من معرفتنا للعوامل المؤثرة فى ظهور الرقم (٦) عند رمى زهرة النرد .

ولضمان الوصول إلى درجة عالية من الدقة عند التنبؤ بالمبيعات الخاصة بالمشروع يجب تطوير السجلات الخاصة بالمشروع بما يضمن توافر البيانات اللازمة والممكن تحليلها إحصائيا . فقد تبذل جهود ضخمة وتكاليف عالية لإستخراج البيانات اللازمة للتنبؤ من سجلات المشروع ، ألا أنه بمجرد معرفة طبيعة البيانات المطلوبة فإنه يمكن المشروع إعداد البيانات بالشكل المطلوب كجزأ من أعماله الروتينية وبالتالى نضمن توافر هـــذه البيانات بشكل دقيق وواضح مستقبلا ودون عناء فى الحصول عليها مما يسهل عملية تحليلها وإستخدامها فى التنبؤ .

ولنشير هنا إلى أن تحقق درجة عالية من الدقة فى التنبؤ يقتضى توافر البيانات لمدة من عشرة إلى خمسة عشر سنة سابقة حتى تتضمن هذه البيانات فترات .

الرواج والكساد التى يمر بها المشروع ، ولذلك فإننا لا نتوقع درجة عالية من الدقة فى نتائج التنبؤ التى تتم فى السنوات الأولى ، إلا أننا نتوقع زيادة درجة الدقة هذه فى السنوات اللاحقة .

٢ — كذلك يجب أيضاً دراسة وتحديد نصيب المشروع من السوق الكلية، إذ عادة ما تتوافر نشرات خاصة بأرقام المبيعات المتوقعة للقطاع كله ، وبمقارنة أرقام القطاع هذه بالأرقام المقدرة للمشروع يمكن معرفة نصيب المشروع من السوق الذى نتعامل فيه من ناحية ، والحكم على درجة الدقة فى أرقام المشروع المقدرة من ناحية أخرى . وقد يكفى المشروع فى كثير من الحالات معرفة نصيبه من السوق الكلية لتحديد رقم مبيعاته المقدرة ، ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى :

إذا كان عدد سيارات الركوب المتوقع إنتاجها خـــلال العام القادم هو ٢٠,٠٠٠ سيارة ، وإذا كان عدد السيارات المستعملة حالياً ٢٠٠,٠٠٠ سيارة ، فإذا احتاجت كل سيارة جديدة إلى ٥ إطارات ، وإذا احتاجت كل سيارة مستعملة إلى إطار واحد فقط فى المتوسط ، فما هو عـــدد الإطارات لسيارات الركوب المتوقع بيعها بواسطة شركة النصر فى العام القادم إذا كان نصيب شركة النصر من السوق الكلية هو ٢٠٪ فقط ؟

عدد الإطارات اللازمة للسيارات الجديدة = ٢٠,٠٠٠ × ٥

= ١٠٠,٠٠٠ إطار

» » » » المستعملة = ٢٠٠,٠٠٠ × ١

= ٢٠٠,٠٠٠ إطار

المجموع = ٣٠٠,٠٠٠

∴ نصيب الشركة المتوقع = ٣٠٠,٠٠٠ × $\frac{٢٠}{١٠٠}$ = ٦٠,٠٠٠ إطار

وأخيراً يجب عند التنبؤ بأرقام المبيعات أن تأخذ فى الحسبان الظروف الجارية والتى يمكن أن تؤثر فى الأرقام المقدرة كالتغير فى أسعار المنتجات ، أو التغير فى أذواق المستهلكين أو ظهور منتجات بديلة وغيرها من العوامل الأخرى المؤثرة .

ويتم التنبؤ بالمبيعات بعدة طرق سوف نبين بعضها فيما يلى ، إلا أننا نود أن نشير فى هـــذا الصدد إلا أن معظم هذه الطرق تعتمد بدرجة أو أكثر على دراسة الأرقام فى السنوات السابقة لتحديد الإتجاه فى السنوات المقبلة ، ويعد ذلك أساساً مقبولا فى كثير من القطاعات الإقتصادية التى تتميز بشىء من الإستقرار وعدم التعرض للتغيرات الفجائية .

وسوف نبين فيما يلى خمس خطوات أساسية يجرى إتباعها للتنبؤ بالطلب على المنتجات فى الشركات .

٦ — ١ — ١ تحديد الهدف Determining the Objective :

يتطلب التنبؤ بحجم الأعمال المستقبلة ضرورة التنبؤ بالطلب . وهنا يثار سؤال هام خاص بما هو النشاط الحاكم فى المشروع الذى يترتب على التنبؤ به تحديد الطلب المتوقع ؟ إذ أن هناك نوعين من الأنشطة وبالتالى نوعين من الطلب الأول هو الطلب الداخلى أو المعتمد internal or dependent demand والثانى هو الطلب الخارجى أو المستقل external or independent demand.

إذ يتحدد الطلب الداخلى أو المعتمد على الطلب المتوقع لمنتج أو مجموعة من المنتجات الأخرى . وكمثال على ذلك الطلب المتوقع على المواد الخام ، فتتحدد المواد الخام المطلوبة وفقاً لحجم الإنتاج المتوقع من ناحية ووفقاً لقائمة المواد الخاصة بالمنتجات من ناحية أخرى .

أما الطلب الخارجى أو المستقل فهو طلب غير مرتبط بأى منتج أو عنصر آخر داخل المشروع وإنما تحدده عوامل أخرى من خارج المشروع ، فالطلب

المتوقع على المنتجات النهائية يعتبر مثال لهذا الطلب المستقل ، وكذلك الحال بالنسبة للطلب على بعض قطع الغيار اللازمة لإصلاح الآلات والمعدات الخاصة بالمشروع .

ويلى تحديد الأنشطة الحاكمة التى يتم أساساً التنبؤ بها ، ضرورة تحديد فترة التنبؤ والتى تتحدد وفقاً لعوامل كثيرة ، منها درجة الدقة المطلوبة ، إذ تتعقد أدوات التنبؤ الواجب إستخدامها كما تقل درجة الدقة فى التنبؤ كلما طالت الفترة التى يتم التنبؤ بها ، وعموماً يتوقف تحديد طول فترة التنبؤ على طول دورة الإنتاج ، ومقدرة المشروع على تجميع الموارد اللازمة ، وتكاليف وضع النموذج الملائم .

٦ — ١ — ٢ إختيار النموذج Selecting the Model :

هناك مجموعة من العوامل يجب أخذها فى الحسبان عند إختيار النماذج المستخدمة فى التنبؤ بحجم الأعمال لأى مشروع ، ويمكن إستعراض أهم هذه العوامل من خلال الإجابة على الأسئلة التالية :

١ — ما هى الجهات المستفيدة أساساً من الأرقام المقدرة ، وما هى هذه التقديرات المطلوبة لهم ؟

٢ — هل تفيد البيانات التاريخية فى الوصول إلى هذه المعلومات ؟ وإلى أى حد تتوافر هذه البيانات التاريخية ؟

٣ — ما هى درجة الدقة المطلوبة فى هذه التقديرات ؟

٤ — ما هى الفترة أو المدة المستقبلة التى يتم التنبؤ بالنسبة لها ؟

٥ — ماهو الوقت المتاح للقيام بالتحليل والدراسة اللازمة لإتمام هذا التنبؤ ؟

٦ — ماهى التكاليف اللازمة للقيام بالتحليل والدراسة اللازمة للتنبؤ مقارنة بالعائد المتوقع من جراء ذلك ؟

إذ يتم فى ضوء الإجابة على مجموعة الأسئلة هذه تحديد الأسلوب الذى يمكن استخدامه فى عملية التنبؤ ، حيث تتدرج الأساليب الممكن إستخدامها من مجرد الحكم المنطقى إلى إستخدام اساليب رياضية معقدة ، ويمكن بيان بعض هذه الأساليب فيما يلى :

٦—١—٢—١ النماذج التحكمية أو التقديرية Judgmental Models :

يتم وفقاً لهذه النماذج تجميع الآراء حول ما ستكون عليه الظاهرة محل الدراسة فى المستقبل ، فيتم تجميع آراء المديرين ورجال البيع وخبراء الصناعة وغيرهم ممن لهم دراية كافية بالظاهرة التى يراد التنبؤ بسلوكها مستقبلا .

ومن أشهر النماذج المستخدمة فى هذا الصدد نموذج دلفى Delphi والذى يقوم أساساً على تجميع وتقييم وجدولة الآراء المختلفة الخاصة بالظاهرة موضوع الدراسة على عده مراحله ، تبدأ المرحلة الأولى بتجميع الآراء المستقلة للأطراف المعنية ثم تجمع وتبوب على أن ترد مرة أخرى إلى الأطراف التى إشتركت فى المرحلة الأولى ليتم تجميع ردودهم وآرائهم فى ضوء معرفتهم لآراء الآخرين وتستمر فى تكرار هذه المراحل ، إذ يفترض دلفى إلى إتفاق آراء المجموعة وإقترابها من الإجابة الصحيحة فى أغلب الأحوال . ويتميز هذا الأسلوب بالسهولة وعدم الحاجة إلى توافر خلفية رياضية وذلك على عكس الحال فى الأساليب الأخرى التى قد تستخدم فى هذا الغرض . إلا أنه فى مقابل هذه السهولة واليسر فى أسلوب دلفى ، ليس هناك ضمان إلى أن الآراء المتجمعة سوف تقترب دائماً من التقديرات الصحيحة ، فعادة ما تعكس هذه الآراء مجموعة من النواحى الشخصية خاصة وأن المعلومات المتاحة لدى أى فرد عادة ما تكون قاصرة ومحدودة ، ولذا يفضل اللجوء إلى النماذج الرياضية كلما كان ذلك ممكناً .

وتتدرج الأساليب الرياضية الممكن استخدامها من السهولة إلى التعقيد ويتوقف ذلك على درجة الدقة المطلوبة وطول فترة التنبؤ ، ومدى توافر البيانات

التاريخية وغيرها من العوامل السابق ذكرها . ويمكن إستعراض بعض هذه الأساليب فيما يلى :

٦ — ١ — ٢ — ٢ تحديد متوسط حجم الطلب The Average :

إذ يستخدم الطلب المتوسط فى السنوات السابقة كأساس للتنبؤ بحجم الأعمال فى المستقبل وذلك كما يلى :

$$\overline{ط}_{ن+1} = \sum_{ه=1}^{ن} ط_{ه} \qquad (١)$$

حيث $\overline{ط}_{ن+1}$ تمثل الطلب المتوسط فى السنة ن + ١ .

، $ط_{ه}$ الطلب فى الفترة ه ، ه = ١ ، ٢ ، ... ، ن .

وكثيراً ما يفضل ترجيح البيانات الأحدث ، إذ أنها أكثر تعبيراً عن الطلب المتوقع ولذا يستخدم المتوسط الحسابى المرجح وذلك كما يلى :

$$\overline{ط}_{ن+1} = \sum_{ه=1}^{ن} أ_{ه}\, ط_{ه} \qquad (٢)$$

حيث تمثل $أ_{ه}$ الوزن المستخدم فى الفترة ه ، ه = ١ ، ٢ ، ... ، ن .

ويمكن توضيح ذلك من خلال المثال التالى :

٦ - ١ - ٢ - ٢ - ١ مثال :

إذا كان الطلب فى العشر سنوات السابقة لإحدى الشركات كما يلى :

السنة	رقم المبيعات
١٩٧٢	١٠٠٠
١٩٧٣	١٥٠٠
١٩٧٤	١٦٠٠
١٩٧٥	١٢٠٠
١٩٧٦	٩٠٠
١٩٧٧	٨٠٠
١٩٧٨	١٢٥٠
١٩٧٩	١١٥٠
١٩٨٠	١٤٠٠
١٩٨١	١٥٠٠

فما هو متوسط الطلب فى السنوات السابقة إذا ما رأت الإدارة أن الأهمية النسبية لكل عام تماثل الأهمية النسبية للعام الآخر فى تحديد هذا المتوسط ؟

$\therefore \text{أ}_{١} = \text{أ}_{٢} = \text{أ}_{م} = \cdots = \text{أ}_{١٠} = \frac{١}{١٠}$

$\therefore \bar{\text{ط}} = ١٠٠٠ \times \frac{١}{١٠} + ١٥٠٠ \times \frac{١}{١٠} + ١٦٠٠ \times \frac{١}{١٠} + ١٢٠٠ \times \frac{١}{١٠} + ٩٠٠ \times \frac{١}{١٠} + ٨٠٠ \times \frac{١}{١٠} + ١٢٥٠ \times \frac{١}{١٠} + ١١٥٠ \times \frac{١}{١٠} + ١٤٠٠ \times \frac{١}{١٠} + ١٥٠٠ \times \frac{١}{١٠}$

$= \frac{١}{١٠} \times (١٠٠٠ + ١٥٠٠ + ١٦٠٠ + ١٢٠٠ + ٩٠٠ + ٨٠٠ + ١٢٥٠ + ١١٥٠ + ١٤٠٠ + ١٥٠٠)$

$= \frac{١}{١٠} \times ١٢٣٠٠ = ١٢٣٠$ وحدة

وقد ترى الإدارة ضرورة تدرج الأوزان بالشكل الذى يعطى أهمية أكبر للسنوات الأخيرة أى تكون

$$ا_{٨١} > ا_{٨٠} ، ا_{٧٩} > \cdots\cdots > ا_{٧٣} > ا_{٧٢}$$

ويمكن إعطاء أهمية نسبية للفترات الأخيرة بإتباع المعادلة التالية :

$$\overline{ط}_{ن} = \overline{ط}_{ن-١} + ا\,(ط_{ن} - \overline{ط}_{ن-١}) \qquad (٣)$$

$$، \quad ١ > ا > ٠$$

أى أن الطلب المتوسط خلال ال ن فتره السابقة والذى سيتخذ كأساس للتنبؤ بالطلب فى السنة ن+١ ، هو الطلب المتوسط خلال الـ ن - ١ فترة السابقه مضافاً إليها نسبة تمثل الفرق بين الطلب خلال الفترة ن الأخيرة والطلب المتوسط خلال الـ ن - ١ فترة السابقة .

وبالتالى يتم تعديل الطلب المتوسط خلال مدة معينة بالزيادة إذا ما تبين أن الطلب خلال الفترة الحالية أكبر من الطلب المتوسط خلال الفترات السابقة ($ط_{ن} > \overline{ط}_{ن-١}$) وبالنقص إذا ما تبين أن الطلب خلال الفترة الحالية أقل من الطلب المتوسط خلال الفترة السابقة ($ط_{ن} < \overline{ط}_{ن-١}$)

ويلاحظ أن إستخدام قيمة مرتفعة لـ ا يؤدى إلى إستجابة الرقم المتوسط $\overline{ط}_{ن}$ بدرجة كبيرة للتغيرات فى الطلب للفترات القريبة $ط_{ن}$ ، $ط_{ن-١}$ ... إلخ وعلى العكس إستخدام قيمة منخفضة لـ ا يؤدى إلى إمتصاص التغيرات التى قد تحدث خلال الفترات السابقة القريبة دون التأثير بشكل كبير على رقم الطلب المتوسط للفترة الحالية .

وتستخدم معادلة (٣) فى إيجاد قيمة $\overline{ط}_{ن}$ إذا ما توافرت بيانات عن $\overline{ط}_{ن-١}$ ، أما إذا لم تتوافر البيانات المتوسطة فى السنوات السابقة فيفضل إعادة التعبير عن معادلة (٣) بصورة أخرى وذلك كما يلى :

$$\bar{ط}_ن = \bar{ط}_{ن-١} + ا (ط_ن - \bar{ط}_{ن-١})$$

$$= ا ط_ن + \bar{ط}_{ن-١} (١ - ا)$$

وباستخدام (٣) للتعبير عن $\bar{ط}_{ن-١}$ نجد أن

$$\bar{ط}_ن = ا ط_ن + [\bar{ط}_{ن-٢} + ا (ط_{ن-١} - \bar{ط}_{ن-٢})] (١ - ا)$$

$$= ا ط_ن + ا (١ - ا) ط_{ن-١} + \bar{ط}_{ن-٢} (١ - ا)^٢$$

ثم بإعادة استخدام (٣) للتعبير عن $\bar{ط}_{ن-٣}$ ، $\bar{ط}_{ن-٤}$ ... الخ نصل إلى

$$\bar{ط}_ن = ا ط_ن + ا (١ - ا) ط_{ن-١} + ا (١ - ا)^٢ ط_{ن-٢}$$

$$+ \cdots + ا (١ - ا)^م ط_{ن-م} + \cdots + ا (١ - ا)^ن ط.$$

(٤)

وحيث أن ١ > ا > ٠ ، نجد أن لجميع قيم ن الكبيرة أن مجموع الأوزان يساوى واحد صحيح ، حيث

$$ا + ا (١ - ا) + ا (١ - ا)^٢ + ا (١ - ا)^٣ + \cdots$$

$$= \frac{ا}{١ - (١ - ا)} = \frac{ا}{ا} = ١$$

ويمكن توضيح ذلك من خلال المثال التالى :

<u>مثال ٢ - ٢ - ٢ - ١ - ٦ :</u>

إذا كان حجم الطلب على منتجات المشروع خلال الأعوام العشرة السابقة كما هو فى المثال الأول ، وإذا كانت قيمة ا = ½ فما هو الرقم المتوسط للطلب فى كل عام من الأعوام السابقة ؟

$$\bar{ط}_{٧٢} = ١٠٠٠ \text{ وحدة}$$

$$\overline{\text{ط}}_{\text{٧٣}} = \overline{\text{ط}}_{\text{٧٢}} + \text{ا}\,(\text{ط}_{\text{٧٣}} - \overline{\text{ط}}_{\text{٧٢}})$$

$$= \text{١٠٠٠} + \tfrac{\text{١}}{\text{٢}}\,(\text{١٥٠٠} - \text{١٠٠٠}) = \text{١٢٥٠}$$

$$\overline{\text{ط}}_{\text{٧٤}} = \overline{\text{ط}}_{\text{٧٣}} + \text{ا}\,(\text{ط}_{\text{٧٤}} - \overline{\text{ط}}_{\text{٧٣}})$$

$$= \text{١٢٥٠} + \tfrac{\text{١}}{\text{٢}}\,(\text{١٦٠٠} - \text{١٢٥٠}) = \text{١٤٢٥ وحدة}$$

$$\overline{\text{ط}}_{\text{٧٥}} = \overline{\text{ط}}_{\text{٧٤}} + \text{ا}\,(\text{ط}_{\text{٧٥}} - \overline{\text{ط}}_{\text{٧٤}})$$

$$= \text{١٤٢٥} + \tfrac{\text{١}}{\text{٢}}\,(\text{١٢٠٠} - \text{١٤٢٥}) = \text{١٢١٢٫٥ وحدة}$$

$$\overline{\text{ط}}_{\text{٧٦}} = \overline{\text{ط}}_{\text{٧٥}} + \tfrac{\text{١}}{\text{٢}}\,(\text{ط}_{\text{٧٦}} - \overline{\text{ط}}_{\text{٧٥}})$$

$$= \text{١٣١٢٫٥} + \tfrac{\text{١}}{\text{٢}}\,(\text{٩٠٠} - \text{١٣١٢٫٥}) = \text{١١٠٦٫٦ وحدة}$$

وهكذا حتى نصل إلى $\overline{\text{ط}}_{\text{٨١}}$

ونلاحظ فى المثال السابق أن زيادة الطلب عام ١٩٧٣ بمقدار ٥٠٠ وحدة لم يؤدى إلى زيادة مقابلة فى متوسط الطلب حتى عام ١٩٧٣ وإنما زاد المتوسط بمقدار ٢٥٠ وحدة فقط ، كما أن نقص الطلب عام ١٩٧٥ بمقدار ٤٠٠ وحدة عن الرقم فى عام ١٩٧٤ لم يؤدى إلى نقص فى متوسط الطلب حتى عام ١٩٧٥ بنفس المقدار وإنما إنخفض المتوسط بمقدار ١١٢½ وحدة فقط .

ويمكن هنا بيان تأثير زيادة أو نقص قيمة ا كما يلى :

إذا كانت ا = ٠٫٩

$$\overline{\text{ط}}_{\text{٧٢}} = \text{١٠٠٠}$$

$$\overline{\text{ط}}_{\text{٧٣}} = \overline{\text{ط}}_{\text{٧٢}} + \text{ا}\,(\text{ط}_{\text{٧٣}} - \overline{\text{ط}}_{\text{٧٢}})$$

$$= \text{١٠٠٠} + \text{٠٫٩}\,(\text{١٥٠٠} - \text{١٠٠٠}) = \text{١٤٥٠ وحدة}$$

$$\overline{\text{ط}}_{\text{٧٤}} = \overline{\text{ط}}_{\text{٧٣}} + \text{ا}\,(\text{ط}_{\text{٧٤}} - \overline{\text{ط}}_{\text{٧٣}})$$

$$= \text{١٤٥٠} + \text{٠٫٩}\,(\text{١٦٠٠} - \text{١٤٥٠}) = \text{١٥٨٥ وحدة}$$

ط̄٧٥ = ط̄٧٤ + ا (ط٧٥ — ط̄٧٤)

= ١٥٨٥ + ٩و (١٢٠٠ — ١٥٨٥) = ١٢٣٧و٥ وحدة

. . . إلخ .

وهنا نلاحظ أن زيادة قيمة ا الـ ٩و يؤدى إلى تأثر المتوسط المحسوب بدرجة كبيرة بالتغيرات التى تحدث فى حجم الطلب سواء كانت هذه التغيرات بالزيادة أو النقص ، وعلى العكس من ذلك نجد أن نقص قيمة ا يؤدى إلى عدم تأثر الرقم المتوسط بمثل هذه التغيرات وذلك كما يلى :

نفرض أن ا = ١و فتكون المتوسطات كما يلى :

ط̄٧٢ = ١٠٠٠

ط̄٧٣ = ط̄٧٢ + ا (ط٧٣ — ط̄٧٢)

= ١٠٠٠ + ١و (١٥٠٠ — ١٠٠٠) = ١٠٥٠ وحدة

ط̄٧٤ = ط̄٧٣ + ا (ط٧٤ — ط̄٧٣)

= ١٠٥٠ + ١و (١٦٠٠ — ١٠٥٠) = ١١٠٥ وحدة

ط̄٧٥ = ط̄٧٤ + ا (ط٧٥ — ط̄٧٤)

= ١١٠٥ + ١و (١٢٠٠ — ١١٠٥) = ١١١٤و٥ وحدة

وهكذا يتبين لنا أن قيمة منخفضة لـ ا تؤدى إلى إمتصاص التغيرات التى قد تحدث فى الأرقام الفعلية للطلب من فترة لأخرى دون أن تأثر بشكل كبير على الرقم المتوسط للطلب .

وأخيراً نود أن نشير الـ أن ط̄ المحسوبة وفقاً للمعادلة (٣) أو (٤) ماهى إلا رقم يعبر عن متوسط أرقام الطلب فى الفترات السابقة ولا يعبر تماماً عن الطلب المتوقع مستقبلا ، ولذا سوف نستعرض فيما يلى طريقتين للتنبؤ بالمبيعات هما :

٦—١—٢—٣ طريقة توفيق المنحنيات كأساس لتقدير الطلب :

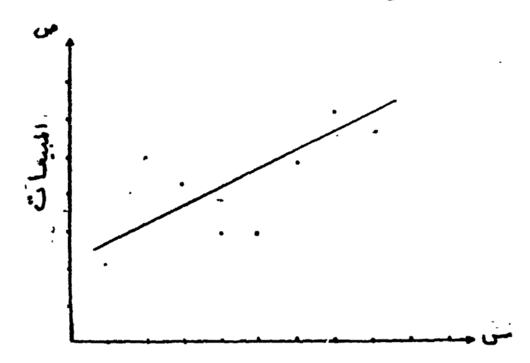
يمكننا دراسة العلاقة بين المبيعات والزمن خلال الفترات السابقة فإذا حددنا قيم معينة للزمن س وليكن $س_١$ ، $س_٢$ ، .... ، $س_ن$ وكذا حددنا القيم المقابلة للمبيعات ص والمناظره لقيم الزمن السابقة وليكن $ص_١$ ، $ص_٢$ ، .... ، $ص_ن$. ثم نرسم محوراً لقيم س وآخر لقيم ص ، على أن يتم تحديد ن نقطة لكل زوج من أزواج القيم ($س_١$ ، $ص_١$) ، ($س_٢$ ، $ص_٢$) ، .... ، ($س_ن$ ، $ص_ن$) ، ثم نحاول رسم منحنى يتوسط النقط السابقة قدر الإمكان. وهو ما يسمى بعملية توفيق منحنى لهذه البيانات ، الأمر الذي يؤدي إلى معرفة سلوك المبيعات إلى حد كبير وبالتالي إمكانية تحديد قيمة المبيعات أو الطلب المستقبلي عند قيمة زمنية مستقبلة .

وإذا ما أمكن توفيق علاقة خطية تربط الزمن بالمبيعات ، فإنه يمكن التعبير عنها كما يلي :

$$ص = م س + جـ$$

حيث ص تمثل المتغير التابع وهو المبيعات في هذه الحالة ، س تمثل المتغير المستقل وهو الزمن أما م ، جـ فهما ثوابت يحددان معالم معادلة هذا الخط المستقيم .

ويمكن توضيح ذلك كما فى الشكل التالى :



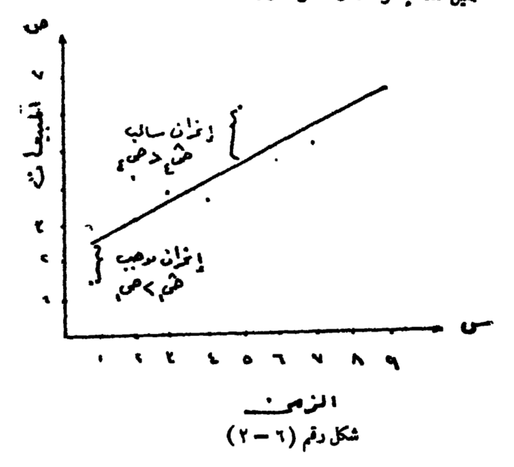
شكل (٦ — ١)

ويعيب طريقة توفيق المنحنيات بالرسم أن الخط أو المنحنى المرسوم لن يكون دقيقاً تماماً ، بل سوف يختلف من شخص لآخر . لذلك عادة ما يتبع طريقة المربعات الصغرى التى تمكننا من رسم الخط أو المنحنى بالشكل الذى يؤدى إلى تقليل مجموع مربعات إنحرافات النقط عن هذا المنحنى إلى أقل حد ممكن .

٦ — ١ — ٢ — ٤ طريقة المربعات الصغرى :

إذا ما أفترضنا أن المبيعات ص دالة فى عنصر واحد وهو الزمن س وأنه يمكن التعبير عن العلاقة بينهما خطياً كما يلى ص = م س + حـ ، فلتحديد معالم هذه العلاقة أى لتحديد الثوابت م ، حـ فإننا نعمل على أن تكون مجموع

مربعات إنحرافات المبيعات المقدرة عن المبيعات الفعلية أقل ما يمكن ، ويمكننا تمثيل هذه الإنحرافات فى الشكل التالى :



شكل رقم (٦ — ٢)

فإذا كانت ع تعبر عن مجموع مربعات الإنحرافات أى

$$ع = (ص_١ - م س_١ - حـ)^٢ + (ص_٢ - م س_٢ - حـ)^٢ + \dots\dots + (ص_ن - م س_ن - حـ)^٢$$

فتصبح المشكلة هى تحديد قيمة م ، حـ اللتان تجعلان الإنحرافات أقل ما يمكن ، وبهذا فإن م ، حـ تعدان بمثابة متغيرات فى هذه الحالة ولذا يتم التفاضل جزئياً بالنسبة لـ م ، حـ ونساوى التفاضل بالصفر كما يلى :

$$\frac{\partial \text{ع}}{\partial \text{ح}} = ٢(\text{ص}_{١} - \text{م}\,\text{س}_{١} - \text{ح}) - ٢(\text{ص}_{٢} - \text{م}\,\text{س}_{٢} - \text{ح})$$

$$- \cdots - ٢(\text{ص}_{\text{ن}} - \text{م}\,\text{س}_{\text{ن}} - \text{ح})$$

$$= -٢(\text{مجـ}\,\text{ص} - \text{م}\,\text{مجـ}\,\text{س} - \text{ن}\,\text{ح}) \qquad (٥)$$

$$\frac{\partial \text{ع}}{\partial \text{م}} = -٢\,\text{س}_{١}(\text{ص}_{١} - \text{م}\,\text{س}_{١} - \text{ح})$$

$$- ٢\,\text{س}_{٢}(\text{ص}_{٢} - \text{م}\,\text{س}_{٢} - \text{ح}) \cdots\cdots$$

$$\vdots$$

$$- ٢\,(\text{ص}_{\text{ن}} - \text{م}\,\text{س}_{\text{ن}} - \text{ح})$$

$$= -(\text{مجـ}(\text{س}\,\text{ص}) - \text{م}\,\text{مجـ}\,\text{س}^{٢} - \text{ح}\,\text{مجـ}\,\text{س}) \qquad (٦)$$

وبمساواة (٥) ، (٦) بالصفر ينتج أن

$$\text{مجـ}\,\text{ص} = \text{م}\,\text{مجـ}\,\text{س} + \text{ن}\,\text{ح} \qquad (٧)$$

$$\text{، مجـ}\,\text{س}\,\text{ص} = \text{م}\,\text{مجـ}\,\text{س}^{٢} + \text{ح}\,\text{مجـ}\,\text{س} \qquad (٨)$$

وبحل المعادلتين نصل إلى قيم م ، ح . ولتسهيل الحل نستخدم الجدول التالى:

س	ص	س ص	$\text{س}^{٢}$
$\text{س}_{١}$	$\text{ص}_{١}$	$\text{س}_{١}\text{ص}_{١}$	$\text{س}_{١}^{٢}$
$\text{س}_{٢}$	$\text{ص}_{٢}$	$\text{س}_{٢}\text{ص}_{٢}$	$\text{س}_{٢}^{٢}$
$\vdots$			
$\text{س}_{\text{ن}}$	$\text{ص}_{\text{ن}}$	$\text{س}_{\text{ن}}\text{ص}_{\text{ن}}$	$\text{س}_{\text{ن}}^{٢}$
مجـ س	مجـ ص	مجـ س ص	$\text{مجـ}\,\text{س}^{٢}$

جدول (٦ — ١)

وبهذا يتم التعويض فى المعادلتين (٧) ، (٨) لإستخراج قيم م ، ح .

ونشير هنا إلى أنه يترتب على حل المعادلتين (٧)، (٨) أن

$$م = \frac{ن\ مج\ س\ ص - (مج\ س)\ (مج\ ص)}{ن\ مج\ س^{٢} - (مج\ س)^{٢}} \quad (٩)$$

$$ح = \frac{مج\ ص - م\ مج\ س}{ن} \quad (١٠)$$

ويمكن توضيح كيفية إيجاد معادلة الخط المستقيم باستخدام طريقة المربعات الصغرى باستعراض المثال التالى :

٦–١–٢–٤–١ مثال :

نفرض أن المبيعات الخاصة بشركة النصر كانت كما يلى خلال العام السابق:

الشهر	المبيعات بآلاف الجنيهات
يناير	١,٠
فبراير	١,١
مارس	١,٥
إبريل	٢,٠
مايو	٢,٠
يونيه	٢,٢
يوليه	٢,٨
أغسطس	٣,٠
سبتمبر	٣,٢
اكتوبر	٣,٠
نوفمبر	٤,٠
ديسمبر	٤,٥

فأوجــــد معادلة الخط المستقيم التى تعبر عن العلاقة بين المبيعات والزمن بحيث تكون مجموع مربعات الإنحرافات أقل ما يمكن:

الحـــل:

س	ص	س ص	س٢
١	١,٠	١,٠	١
٢	١,١	٢,٢	٤
٣	١,٥	٤,٥	٩
٤	٢,٠	٨,٠	١٦
٥	٢,٠	١٠,٠	٢٥
٦	٢,٢	١٣,٢	٢٦
٧	٢,٨	١٩,٦	٤٩
٨	٣,٠	٢٤,٠	٦٤
٩	٣,٢	٢٨,٨	٨١
١٠	٣,٠	٣٠,٠	١٠٠
١١	٤,٠	٤٤,٠	١٢١
١٢	٤,٥	٥٤,٠	١٤٤
٧٨	٣٠,٣	٢٣٩,٣	٦٥٠

∴ ٣٠,٣ = ٧٨م + ١٢ح (١)

٢٣٩,٣ = ٦٥٠م + ٧٨ح (٢)

وبحل هاتين المعادلتين نجد أن م = ٢٩٦, ، ح = ٦٠,

أى أن : ص = ٢٩٦, س + ٦٠,

٦ — ١ — ٢ — ٥ الإنحدار المتعدد Multiple Regression :

إفترضنا فيما سبق أن المتغير التابع يتأثر أساساً بمتغير مستقل واحد فقط ، كأن تتأثر المبيعات فى مشروع ما بالزمن أو بمستوى دخل الفرد أو غيرها من العوامل ، إلا أنه فى أحيان كثيرة نجـــد أن المتغير التابع يتأثر بأكثر من متغير مستقل كأن تكون المبيعات دالة فى الزمن ودخل الأسرة والمبالغ المنفقة على الجهود الترويجية والإعلان ، أو أن تكون المقبوضات النقدية فى شهر معين دالة فى مبيعات نفس الشهر والشهر السابق والشهر التالى ويمكن التعبير عن ذلك رياضيا كما يلى .

$$ص = ا_١ س_١ + ا_٢ س_٢ + \cdots\cdots + ا_ن س_ن + ا_{ن+١}$$

لذا يقتضى الأمر تحديد معالم المعادلة $ا_١$ ، $ا_٢$ ، ... ، $ا_ن$ ، $ا_{ن+١}$ حتى يمكن تحديد قيمة المتغير التابع ص ، ويتم ذلك بإستخدام طريقة المربعات الصغرى وذلك من أجل تدنية مجموع مربعات إنحرافات التقديرات وفقاً لهذه المعادلة عن القيم الفعلية التى تمت فى مجموعة من السنوات السابقة . وبإتباع نفس الخطوات السابقة فى حالة وجود متغير مستقل فانه يلزمنا حل مجموعة من المعادلات تساوى عدد المعالم المطلوب التنبؤ بها .

وسنكتفى فى هـــذا الصدد بحالة وجود ثلاث معالم فقط ، أى حالة وجود متغيرين مستقلين كأن تكون المبيعات فى المشروع دالة فى الزمن ومستوى دخل الأسرة أى أن .

$$ص = ا_١ س_١ + ا_٢ س_٢ + ا_٣$$

ولتحديد المعالم $ا_١$ ، $ا_٢$ ، $ا_٣$ يلزمنا حل الثلاث معادلات التالية :

$$\sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{1\text{ه}}\,\text{ص}_{\text{ه}} = \text{أ}_1 \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}^2_{1\text{ه}} + \text{أ}_2 \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{1\text{ه}}\,\text{س}_{2\text{ه}} + \text{أ}_3 \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{1\text{ه}}$$

$$\sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{2\text{ه}}\,\text{ص}_{\text{ه}} = \text{أ}_1 \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{1\text{ه}}\,\text{س}_{2\text{ه}} + \text{أ}_2 \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}^2_{2\text{ه}} + \text{أ}_3 \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{2\text{ه}}$$

$$\sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{ص}_{\text{ه}} = \text{أ}_1 \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{1\text{ه}} + \text{أ}_2 \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{2\text{ه}} + \text{ن}\,\text{أ}_3$$

فاذا كانت المبيعات وكذا متوسط دخل الأسرة السنوى فى السنوات الخمس السابقة كما يلى :

السنة	المبيعات	متوسط دخل الأسرة فى السنة
١٩٧٨	١٠٠٠	٥٠٠
١٩٧٩	١٢٠٠	٦٠٠
١٩٨٠	١٤٠٠	٧٥٠
١٩٨١	١٥٠٠	٨٠٠
١٩٨٢	١٨٠٠	١٠٠٠

فانه يتم تحديد البيانات اللازمة للمعادلات الثلاث السابقة كما يلى :

ص ره المبيعات	س١ره الزمن	س٢ره متوسط دخل الأسرة السنوى	س١ره صره	س١ره س٢ره	س١ ره^٢	س٢ره صره	س٢ ره^٢
١٠٠٠	١	٥٠٠	١٠٠٠	٥٠٠	١	٥٠٠و٠٠٠	٢٥٠و٠٠٠
١٢٠٠	٢	٦٠٠	٢٤٠٠	١٢٠٠	٤	٧٢٠و٠٠٠	٣٦٠و٠٠٠
١٤٠٠	٣	٧٥٠	٤٢٠٠	٢٢٥٠	٩	١٠٥٠و٠٠٠	٥٦٢و٥٠٠
١٥٠٠	٤	٨٠٠	٦٠٠٠	٣٢٠٠	١٦	١٢٠٠و٠٠٠	٦٤٠و٠٠٠
١٨٠٠	٥	١٠٠٠	٩٠٠٠	٥٠٠٠	٢٥	١٨٠٠و٠٠٠	١٠٠٠و٠٠٠
٦٩٠٠	١٥	٣٦٥٠	٢٢٦٠٠	١٢١٥٠	٥٥	٥٢٧٠و٠٠٠	٢٨١٢و٥٠٠

وتكون المعادلات الثلاث كما يلى :

٢٢٦٠٠ = ٥٥ $ا_{١}$ + ١٢١٥٠ $ا_{٢}$ + ١٥ $ا_{٣}$ (١)

٥٢٧٠,٠٠٠ = ١٢١٥٠ $ا_{١}$ + ٢٨١٢,٥٠٠ $ا_{٢}$ + ٣٦٥٠ $ا_{٣}$ (٢)

٦٩٠٠ = ١٥ $ا_{١}$ + ٣٦٥٠ $ا_{٢}$ + ٥ $ا_{٣}$ (٣)

بضرب المعادلة الثالثة × ٣ وطرح الناتج من المعادلة الأولى ينتج

٢٢٦٠٠ = ٥٥ $ا_{١}$ + ١٢١٥٠ $ا_{٢}$ + ١٥ $ا_{٣}$ (١)

٢٠٧٠٠ = ٤٥ $ا_{١}$ + ١٠٩٥٠ $ا_{٢}$ + ١٥ $ا_{٣}$ (٤)

١٩٠٠ = ١٠ $ا_{١}$ + ١١٢٠٠ $ا_{٢}$ (٥)

بضرب المعادلة (٣) × ٧٣٠ وطرحه من المعادلة الثانية ينتج

٥٢٧٠,٠٠٠ = ١٢١٥٠ $ا_{١}$ + ٢٨١٢,٥٠٠ $ا_{٢}$ + ٣٦٥٠ $ا_{٣}$

٥٠٣٧,٠٠٠ = ١٠٩٥٠ $ا_{١}$ + ٢٦٦٤,٥٠٠ $ا_{٢}$ + ٣٦٥٠ $ا_{٣}$

٢٣٣,٠٠٠ = ١٢٠٠ $ا_{١}$ + ١٤٨,٠٠٠ $ا_{٢}$

أى ٢٣٣٠٠ = ١٢٠ $ا_{١}$ + ١٤٨٠٠ $ا_{٢}$ (٦)

بضرب (٥) × ١٢ ثم نطرح منها (٦) ينتج

٢٣٣٠٠ = ١٢٠ $ا_{١}$ + ١٤٨٠٠ $ا_{٢}$

٢٢٨٠٠ = ١٢٠ $ا_{١}$ + ١٤٤٠٠ $ا_{٢}$

---

٥٠٠ = ٤٠٠ $ا_{٢}$

$\therefore$ ا$_2$ = $\frac{٥٠٠}{٤٠٠}$ = $\frac{٥}{٤}$

بالتعويض فى (٥) بقيمة ا$_2$ ينتج

١٩٠٠ = ١٠ ا$_1$ + ١٢٠٠ × $\frac{٥}{٤}$

= ١٠ ا$_1$ + ١٥٠٠

$\therefore$ ١٠ ا$_1$ = ٤٠٠

$\therefore$ ا$_1$ = ٤٠

وبالتعويض فى (٣) ينتج

٦٩٠٠ = ١٥ × ٤٠ + ٣٦٥٠ × $\frac{٥}{٤}$ + ٥ ا$_3$

= ٦٠٠ + ٤٥٦٢٫٥ + ٥ ا$_3$

$\therefore$ ٥ ا$_3$ = ١٧٣٧٫٥

$\therefore$ ا$_3$ = ٣٤٧٫٥

$\therefore$ ص = ٤٠ س$_1$ + $\frac{٥}{٤}$ س$_2$ + ٣٤٧٫٥

فإذا كان متوسط دخل الأسرة عام ١٩٨٣ يصل إلى ١٢٠٠ ج ٠ م فان رقم المبيعات المتوقع عام ١٩٨٣ يصبح كما يلى :

ص = ٤٠ × ٦ + $\frac{٥}{٤}$ × ١٢٠٠ + ٣٤٧٫٥

= ٢٤٠ + ١٥٠٠ + ٣٤٧٫٥

= ٢٠٢٧٫٥

وختاما نود أن نشير هنا إلى أنه من الممكن توفيق معادلة من الدرجة الثانية أو أى درجة أعلى من الدرجة الأولى ، ولذا يفضل دائما باستخدام الرسم البيانى .

أن يتم تحديد شكل البيانات فى السنوات السابقة وما إذا كان من الأفضل توفيق معادلة من الدرجة الأولى أم من درجة أعلى .

فاذا كانت المبيعات فى السنوات الست السابقة كما يلى :

السنة	المبيعات
١	٨
٢	١٣
٣	٢٠
٤	٢٩
٥	٤٠
٦	٥٣

فانه يمكن التعبير عن المبيعات ص كدالة فى الزمن س كما يلى :

$$ص = س^{٢} + ٢ س + ٥$$

وبالتالى يمكن التنبؤ برقم المبيعات فى السنة العاشرة مثلا كما يلى :

$$ص = (١٠)^{٢} + ٢ \times ١٠ + ٥$$

$$= ١٢٥$$

٦ — ١ — ٣ تقييم النموذج قبل التطبيق Assessing the Model

يتم إختبار مدى صلاحية النموذج وذلك بتطبيقه على مجموعة من السنوات للوصول إلى أرقام تقديرية عن فترات تمت فعلا ، وبالتالى يمكن مقارنة النتائج

الفعلية بالنتائج الخاصة بالنموذج لمعرفة الإنحرافات ، وما إذا كانت بدرجة مقبولة تسمح بتطبيقه أم أن هناك تحيز فى النتائج يستوجب إدخال بعض التعديلات عليه أو حتى إستبداله بآخر جديد تماما ، ولا شك أن مثل هذا القرار لا يتوقف على مقدار الإنحرافات فقط بل يتوقف أيضاً على الوقت والأموال المخصصة لبناء وتكوين مثل هذا النموذج .

٦ — ١ — ٤ تطبيق النموذج Applying the Model :

بعد تقييم النموذج وتقرير صلاحيته للتطبيق ، يتم استخدامه فى عملية تنبؤ حقيق للنتائج المستقبلة . وعادة ما تلجأ الشركات إلى الاستمرار فى تطبيق النماذج المستخدمة لديها إلى جانب النماذج الجديده خاصة فى المراحل الأولى للتطبيق ، على أن تستخدم نتائج النماذج السابقة كأساس لتقييم النماذج الجديدة .

٦ — ١ — ٥ تقييم فاعلية النموذج Evaluating the Model :

نظراً لديناميكية الظروف التى تعمل فيها معظم المشروعات فإن الأمر يقتضى دائما تقييم ومراجعة نتائج النموذج المستخدم بشكل مستمر وذلك لتقدير مدى صلاحية الاستمرار فى تطبيقه مستقبلا .

٦ — ٢ التخطيط للإنتاج Planning for Production :

بعد أن يتم التنبؤ بمستويات الطلب المتوقعة على منتجات المشروع ، يبدأ المدير فى الإعداد لتخطيط الإنتاج . ويتم التركيز أساساً فى هذه المرحلة على الخطوط العامة لأنشطة الإنتاج المختلفة ، وذلك بدون الدخول فى تفاصيل العمليات اليومية . إذ يتم تحديد مستوى التشغيل الذى يتحقق عنده أكبر قدر من التوازن بين تكلفة العمالة من ناحية وتكلفة المخزون من ناحية أخرى ، فقد يقرر المشروع الإلتزام بمستويات إنتاج ثابتة الأمر الذى يؤدى إلى زيادة المخزون فى فترات الكساد ونقصه فى فترات الرواج ، أو على العكس قد يلجأ المشروع

إلى زيادة الإنتاج وبالتالى زيادة حجم العمالة بالمشروع لمواجهة فترات الرواج ، على أن يتم الاستغناء عن العمالة الزائدة فى فترات الكساد .

ولا شك أن إتباع أى من الأسلوبين السابقين ـ زيادة أو نقص المخزون ، تغيير حجم القوى العاملة ـ يحمل المشروع مجموعة من التكاليف التى تتمثل فى زيادة مصاريف المناولة والتأمين ومخاطر التقادم والتلف وكذا زيادة المصروفات الرأسمالية اللازمة للتوسع فى عملية التخزين بالإضافة إلى تكلفة المبيعات الضائعة وعدم رضاء المستهلكين فى حالة نقص المخزون هذا من ناحية وكذا التكاليف الخاصة بإختيار وتدريب وتعيين العمال الجدد فى حالة زيادة العمالة وتعريض سمعة الشركه للضرر وسوء علاقتها بالمجتمع فى حالة الإستغناء عن العمالة الزائدة عند تخفيض حجم الإنتاج .

ولذا يحتاج الأمر إلى موازنة دقيقة بين عناصر التكاليف المختلفة مع الأخذ فى الإعتبار العوامل المؤثرة الأخرى كالطاقة الإنتاجية للمعدات ومدى توافر المواد الخام وإمكانية الإعتماد على مقاولى الباطن فى فترات زيادة الطلب وذلك عند تحديد مستوى التشغيل الأمثل للمشروع .

وهناك مجموعة من الوسائل والأدوات العلمية التى تساعد الإدارة فى تحديد هذه المستويات ، وتختلف هذه الوسائل من حيث التكلفة ودرجة التعقيد وسوف نستعرض فيما يلى بعض هذه الأدوات .

٦ - ٢ - ١ نقطة التعادل Break - Even Point

يستخدم تحليل التعادل فى تحديد حجم الإنتاج (سواء بالوحـــدات أو الجنيهات) الواجب تحقيقه حتى يتحقق للمشروع التعادل . ونقصد بالتعادل هنا أن المشروع لا يحقق خسارة كما أنه لا يحقق ربحاً . وتسمى كمية الإنتاج التى تحقق هذا التعادل بنقطة التعادل break – even point، ويقتضى تحديد نقطة التعادل هذه

ضرورة التفرقة بين عناصر التكلفة اللازمة للانتاج ، إذ أن هناك تكاليف متغيرة تتغير بتغير حجم الإنتاج وتكاليف ثابتة لا تتغير بتغير حجم الإنتاج .

وتشمل التكاليف المتغيرة تكلفة المواد الخام المباشرة وهى تكلفة المواد الخام الداخلة فى إنتاج السلعة بشكل مباشر والتى عادة ما تظهر فى المنتج النهائى نفسه وذلك مثل تكلفة الخشب فى صناعة الأثاث والصاج الداخل فى صناعة الثلاجات . والصلب الداخل فى صناعة الماكينات ... الخ . كما تشمل التكاليف المتغيرة تكلفة العمل المباشر وتتمثل فى تكلفة ساعات العمل اللازمة لتصنيع المواد الخام السابقة ، كذا تشمل التكاليف المتغيرة بعض المهمات والمصاريف الأخرى التى ترتبط بشكل مباشر بحجم الإنتاج . أما التكاليف الثابتة فتشمل التكاليف الغير مباشرة الصناعية أى التكاليف الغير مرتبطة بمنتج معين وإنما ترتبط هذه التكاليف بالمنتجات المختلفة للمشروع ككل وذلك مثل تكلفة العاملين فى إدارة الأفراد والمشتريات والتسويق والإدارة المالية والإدارة القانونية وغيرها من الادارات التى تقدم خدماتها للمشروع ككل دون إمكانية ربط عناصر التكلفة الخاصة بهذه الادارات ووحدات كل منتج من منتجات المشروع ، وعلى أن تكون هذه التكاليف ثابتة ولا تتأثر بالتغير فى حجم الانتاج . إلا أن هذه التكاليف ليس لها صفة الثبات الدائم وإنما تتعرض للتغير كل مدة طويلة فقد يتم إنشاء عنبر إنتاجى جديد أو مبنى جديد للادارة أو قد يتم شراء أتوبيسات لنقل العاملين الأمر الذى يؤدى إلى تغير هذه التكاليف .

ونود أن نشير هنا إلى أن نصيب الوحدة من هذه التكاليف الثابتة سوف يتغير بتغير حجم الانتاج ، إذ يقل نصيب الوحدة من التكاليف الثابتة كلما زادت الوحدات المنتجة وعلى العكس يزيد نصيب الوحده من التكاليف الثابتة كلما قلت عدد الوحدات المنتجة . أما بالنسبة للتكاليف المتغيره فهى كما سبق أن ذكرنا تتغير مع تغير حجم الانتاج ، إلا أن تكلفة الوحده المتغيره هى فى حقيقة الأمر ثابتة فلانتاج ثلاجة مثلا نحتاج إلى لوحين من الصاج تكلفة اللوح ٢٢ جنيه . معنى هذا

أن تكلفة الصاج اللازم لإنتاج الثلاجة الواحدة يكون دائماً ٤٤ جنيها (٢٢ × ٢) وبالتالى تزداد تكلفة الصاج اللازمة للانتاج مع زيادة حجم الإنتاج ، فإذا قام المشروع بإنتاج ١٠٠٠ ثلاجة تكون تكلفة الصاج المستخدم ١٠٠٠ × ٤٤ = ٤٤٠٠٠ جنيها وإذا قام المشروع بإنتاج ٢٠٠٠ ثلاجة بدلا من ١٠٠٠ كان معنى ذلك أن تكلفة الصاج المستخدمة ٢٠٠٠ × ٤٤ = ٨٨٠٠٠ جنيها .

ونقطة التعادل كما سبق هى نقطة تساوى الايرادات الكلية مع التكاليف الكلية ، ولذا يتم تحديدها بطريقة سهلة ومباشرة عن طريق كتابة طرفى المعادلة كما يلى .

الايرادات الكلية = التكاليف الكلية

= التكاليف المتغيرة + التكاليف الثابتة

سعر بيع الوحدة × عدد وحدات التعادل = تكلفة الوحـــدة المتغيرة

× عدد وحدات التعادل + التكاليف الثابتة .

ويمكن إعادة كتابة المعادلة كما يلى :

(سعر بيع اوحدة ـ تكلفة الوحدة المتغيره) × عدد وحدات التعادل

= التكاليف الثابتة

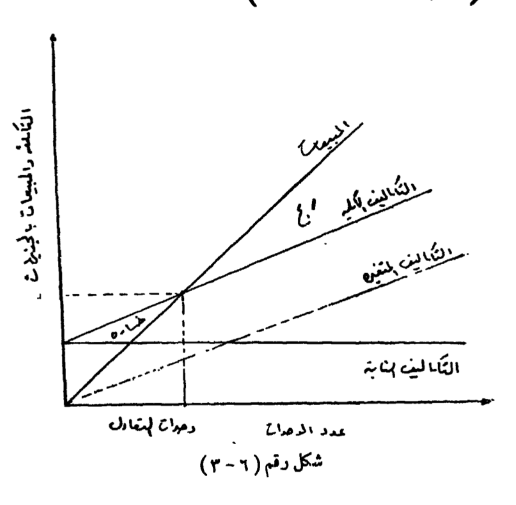
أى أن :

$$\text{عدد وحدات التعادل} = \frac{\text{المصاريف الثابتة}}{\text{سعر بيع الوحدة} - \text{تكلفة الوحدة المتغيرة}}$$

ويطلق على سعر بيع الوحدة ـ تكلفة الوحدة المتغيرة بمقدار مساهمة الوحدة المباعة فى تغطية التكاليف الثابتة ، فإذا كانت التكاليف الثابتة فى مشروع ما

٢٠٠٠٠ جنيها وكانت التكاليف المتغيرة للوحدة ٨ جنيهات وسعر بيع الوحدة ١٠ جنيهات أى أن مقدار مساهمة الوحدة جنيهان ، لذا فإنه يلزم بيع ١٠٠٠٠ وحدة لتغطية التكاليف الثابتة والوصول إلى حالة التعادل .

$\left(\frac{٢٠٠٠٠}{٢} = ١٠٠٠٠ \text{ وحدة}\right)$ ويمكن توضيح ذلك فى الشكل التالى :



شكل رقم (٦ – ٣)

قد يصاغ المثال السابق بطريقة أخرى كما يلى :

التكاليف الثابتة ٢٠٠٠٠ جنيها وتمثل التكاليف المتغيرة ٨٠٪ من قيمة المبيعات فما هى نقطة التعادل بالجنيهات ؟

مبيعات التعادل = ٨٠٪ من مبيعات التعادل + المصاريف الثابتة

∴ ٢٠ ٪ من مبيعات التعادل = المصاريف الثابتة

$$∴ \quad \text{مبيعات التعادل} = \frac{\text{المصاريف الثابتة}}{٢٠٪}$$

= ٢٠,٠٠٠ × ١٠٠/٢٠ = ١٠٠,٠٠٠ جنيهاً

وتسمى الـ ٢٠ ٪ بنسبة مساهمة جنيه المبيعات فى تغطية المصاريف الثابتـــة

ورغم أهمية نقطة التعادل فى المشروع ، إلا أن الإدارة بالمشروع قد تهتم أكثر بمعرفة رقم المبيعات اللازم لتحقيق رقم معين . وهنا يتم تحديد ذلك بطريقة مماثلة للتحليل السابق كما يلى :

سعر بيع الوحدة × عدد الوحدات اللازمة لتحقيق الربح المطلوب = تكلفة الوحدة المتغيرة × نفس عدد الوحدات + التكالف الثابتة + الربح المرغوب .

∴ عدد الوحدات اللازم لتحقيق رقم الربح المرغوب

$$= \frac{\text{التكاليف الثابتة + الربح المرغوب}}{\text{سعر بيع الوحدة – تكلفة الوحدة المتغيرة}}$$

$$= \frac{\text{التكاليف الثابتة + الربح المرغوب}}{\text{نسبة المساهمة}}$$

$$\text{أو قيمة المبيعات} = \frac{\text{التكاليف الثابتة + الربح المرغوب}}{\text{نسبة المساهمة}}$$

ولا يستخدم تحليل التعادل فقط فى تحديد نقطة التعادل أو تحديد رقم المبيعات اللازمة لتحقيق ربح معين ، بل يفيد تحليل التعادل فى تحديد سعر البيع اللازم لتحقيق ربح معين ، وكذا فى تحديد تكلفة الوحدة المتغيرة ومستوى التكاليف الثابتة الكلية المقبول من جانب إدارة المشروع فى حالة التوسع أو إنشاء مشروع جديد ، كذا يستخدم تحليل التعادل فى المقارنة بين عدة بدائل وبالتالى يعد أساساً لاتخاذ القرارات الإدارية .

٣—٢—٢ البرامج الخطية : Linear Programming

تعتبر البرامج الخطية أكثر أدوات بحوث العمليات إستخداما ، إذ أنها تعد أداة فعالة تستخدم فى حل المشاكل الخاصة بتحديد المزيج الأمثل للإنتاج وكذا فى إستخدام الموارد المتاحة (والتى عادة ما تكون محدودة) أحسن إستخدام ممكن من أجل تحقيق إقصى ربح ممكن أو من أجل تحميل المشروع أقل تكلفة ممكنة .

ويرجع إستخدام كلمة برنامج إلى أن هذا الأسلوب يصل بنا إلى الحل الأمثل على خطوات متتابعة على عكس الحال فى التحليل التفاضلى الذى يوصلنا إلى الحل الأمثل فى خطوة واحدة ، كما يرجع إستخدام كلمة خطية إلى وجود علاقات خطية بين المتغيرات سواء كان ذلك فى دالة الهدف أو فى كل قيد من قيود المسألة ، ويعنى ذلك أن إضافة كمية معينة من مادة خام ١ وليكن ك١ إلى كمية أخرى من مادة خام ب وليكن كب فإن حجم الخليط يصبح ك١ + كب .

ومثال ذلك أيضاً إذا إحتاج المنتج الأول إلى ١١ ساعة تشغيل على الآلة الأولى وإذا إحتاج المنتج الثانى إلى ١٢ ساعة تشغيل على الآلة الأولى فإن مجموع الساعات المطلوبة من الآلة الأولى يصبح ١١ + ١٢ .

وقد تبدو هذه الخاصية بأنها منطقية وصحيحة فى كل الأحوال ، إلا أن هناك علاقات كثيرة غير خطية كما هو الحال عند إضافة ٤ سم٣ من الملح إلى ٦سم٣ من الماء فإن الناتج لن يصبح ١٠سم٣ بل قد يكون الناتج ٩سم٣ من الماء المملح .

ويتم حل مشاكل البرامج الخطية بواسطة برامج جاهزة على الحاسبات الإلكترونية ، أما إستخدام الرسم البيانى فى حل مشاكل البرمجة الخطية فيتم فقط فى فصول الدراسة بغرض إلقاء الضوء على طريقة الحل ولتوضيح المنطق المتبع فى إستخدام برامج الكمبيوتر الجاهزة والتى هى فى حقيقة الأمر تطبيق لأسلوب السمبلكس Simplex فى حل المشاكل الخطية .

وقد إستخدمت البرامج الخطية بنجاح واسع فى حل مشاكل الصناعة المختلفة مثل الصناعات القائمة على خلط عناصر مختلفة لإستخراج المنتج النهائى كما هو الحال فى صناعات الأدوية والأغذية المحفوظة ومستخرجات البترول ، وكذا تستخدم فى تقليل الفاقد فى صناعات تقطيع الورق وكذا تقليل الفاقد فى الجلود فى صناعات الحقائب الجلدية وغيرها من المصنوعات الجلدية .

ويوجد حالياً برامج خاصة بالبرمجة الخطية متاحة على أجهزة كمبيوتر صغيرة Mini Computers والتى تستخدم فى حل المسائل الصغيرة والمتوسطة (بحد أقصى ٥٠ قيدو ٢٠٠ متغير أساسى) .

ولذا فإن المشكلة الرئيسية الآن لا تتمثل فى طريقة الحل بل تتمثل أساساً فى كيفية التعبير عن المشكلة فى شكل نموذج رياضى ، وهى ليست بالمشكلة السهلة فى جميع الحالات بل قد تقتضى خبرة عالية من القائم بها ، كما أنها غالباً ما تتطلب تكاتف جهود مجموعة من الباحثين لوضع هذا النموذج . وفيما يلى بعض الأمثلة التى تساعد القارىء على بناء النموذج الرياضى الذى يمثل المشكلة محل الدراسة .

مثال ٦ — ٢ — ٢ — ١ :

تقوم شركة لإنتاج الأجهزة المنزلية بانتاج ثلاث أنواع من المنتجات ويحتاج كل منتج إلى نوعين من المدخلات ، المواد الخام والعمالة ، وكانت الكمية المطلوبة لإنتاج الوحدة من كل نوع كما يلى :

	المنتج (١)	المنتج (٢)	المنتج (٣)
المواد الخام	٤	٤	٥
ساعات العمل	٧	٣	٦
ربح الوحدة	٤	٢	٣

فاذا كانت الكمية المتاحة من المواد الخام ٢٠٠ رطل فى اليوم كما أن ساعات العمل المتاحة فى اليوم ١٥٠ ساعة عمل ، فالمطلوب التعبير عن المشكلة فى نموذج رياضى لتحديد الكمية الواجب إنتاجها من كل صنف بما يحقق أقصى ربح ممكن ؟

ولوضع النموذج الرياضى يتم تحديد ما يلى .

١ — تحديد المتغيرات الأساسية Decision Variables والتى تعبر فى هذا المثال عن عدد الوحدات الواجب إنتاجها من كل صنف .

وبذا فان :

$س_١$ تعبر عن الكمية الواجب إنتاجها يومياً من المنتج الأول .

$س_٢$ » » » » » » » » » الثانى .

$س_٣$ » » » » » » » » » الثالث

٢ — تحديد القيود Identifing the Constraints

وفى هذا المثال هناك قيد خاص بالمواد الخام وآخر بساعات العمل.

القيد الخاص بالمواد الخام: تحتاج الوحدة من المنتج الأول إلى ٤ رطل من المواد الخام وبذا يكون مجموع الوحدات المطلوبة لإنتاج $س_1$ وحدة من المنتج الأول هو $٤ س_1$ وبالمثل فان مجموع الوحدات المطلوبة لإنتاج المنتج الثانى والثالث هو $٤ س_2$ ، $٥ س_3$ على التوالى . وبذا فان المجموع الكلى للمواد الخام المطلوبة فى اليوم يصبح $٤ س_1 + ٤ س_2 + ٥ س_3$ وهو ما يجب أن يكون فى حدود المواد الخام المتاحة وهى ٢٠٠ رطل فى اليوم ويعبر عن ذلك رياضيا كما يلى :

$$٤ س_1 + ٤ س_2 + ٥ س_3 \leq ٢٠٠$$

القيد الخاص بساعات العمل : إذ أن الساعات المطلوبة هى :

$٧ س_1 + ٣ س_2 + ٦ س_3$ وهو ما يجب أن يكون فى حدود الـ ١٥٠ ساعة المتاحة ، أى أن

$$٧ س_1 + ٣ س_2 + ٦ س_3 \leq ١٥٠$$

وبالإضافة إلى القيدين السابقين فان المتغيرات الأساسية $س_1$ ، $س_2$ ، $س_3$ يجب أن تكون موجبة ، وهو ما يسمى بشرط عدم السلبية

non-negativity restrication.

٣ — تحديد دالة الهدف : Identifing the Objective Function

إذ المطلوب تعظيم الربح من بيع هذه المنتجات وهو ما يعبر عنه كما يلى :

$$\text{تعظيم } ح = ٤ س_1 + ٢ س_2 + ٣ س_3$$

وبذا فان النموذج الرياضى يصبح كما يلى :

تعظيم ح = ٤ س١ + ٢ س٢ + ٣ س٣

تحت قيود

٤ س١ + ٤ س٢ + ٥ س٣ > ٢٠٠

٧ س١ + ٣ س٢ + ٦ س٣ > ١٥٠

س١ ، س٢ ، س٣ ≤ ٠

وتلاحظ هنا أنه كثيراً ما يمكن تحويل بعض العلاقات الغيرخطية إلى مجموعة أخرى ممثلة من العلاقات الخطية وبالتالى يمكن إستخدام البرامج الخطية فى الحل ، ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى .

٦ — ٢ — ٢ — ٢ مثال :

يمتلك مصنع ماكينة واحدة من النوع الأول وخمس ماكينات من النوع الثانى وتستخدم هذه الماكينات فى إنتاج جزئين لازمين لتكوين وحدة منتج نهائى وكان الوقت اللازم لإنتاج القطعة من كل جزء كما يلى :

	ماكينة (١)	ماكينة (٢)
الجزء (١)	٣	٢٠
الجزء (٢)	٥	١٥

والمطلوب وضع النموذج الرياضى الذى يؤدى إلى زيادة عدد الوحدات النهائية المنتجة (كل وحدة نهائية تحتاج إلى وحدة من الجزء الأول ووحدة من الجزء الثانى) علماً بأن هناك ضرورة للاحتفاظ بقدر من التوازن فى تشغيل الآلات إذ لا يسمح بأى ماكينة أن تعمل أكثر من ٣٠ دقيقة عن أى ماكينة أخرى . علماً بأن عبء التشغيل على النوع الثانى من الماكينات موزع بالتساوى على الخمس ماكينات المتاحة وأن الحد الأقصى لساعات العمل اليومية ٨ ساعات .

الحـــل :

نفترض س_1 = عدد الوحدات الواجب إنتاجها فى اليوم من الجزء الأول .

س_2 = » » » » » » » » الثانى .

وبذا فان ساعات العمل المطلوبة على كل ماكينة من الماكينات الخمس للنوع الثانى .

$$\frac{20\,\text{س}_1 + 15\,\text{س}_2}{5} = 4\,\text{س}_1 + 3\,\text{س}_2$$

وتكون ساعات العمل المطلوبة على النوع الأول .

$$3\,\text{س}_1 + 5\,\text{س}_2$$

وبذا يجب مراعاة :

$$4\,\text{س}_1 + 3\,\text{س}_2 \le 480$$

$$3\,\text{س}_1 + 5\,\text{س}_2 \le 480$$

ولتحقيق التوازن بين الماكينات

$$\left|\,(4\,\text{س}_1 + 3\,\text{س}_2) - (3\,\text{س}_1 + 5\,\text{س}_2)\,\right| \le 30$$

أى : $\left|\,\text{س}_1 - 2\,\text{س}_2\,\right| \le 30$

وهى علاقة غير خطية ، إلا أنه يمكن التعبير عنها خطياً بالقيدين التاليين :

$$\text{س}_1 - 2\,\text{س}_2 \le 30$$

$$-(\text{س}_1 - 2\,\text{س}_2) \le 30$$

ونلاحظ هنا أن القيد الثانى يصبح قيداً زائداً إذا ما كان الطرف الأيمن موجباً وعلى العكس يصبح القيد الأول قيداً زائدا إذا كان الطرف الأيمن سالباً .

ونظرا لأن وحدات المنتج النهائى لا يمكن أن تزيد عن الحد الأدنى المقترح إنتاجه من الجزء الأول والثانى ، لذا فان دالة الهدف تصبح :

تعظيم ح = الأقل من بين (س$_1$ ، س$_2$)

وهذه أيضاً علاقة غير خطية ، إلا أنه يمكن التعبير عنها بمجموعة من العلاقات الخطية كما يلى :

نفرض ص = الأقل من بين (س$_1$ ، س$_2$)

∴ س$_1$ ≥ ص

، س$_2$ ≥ ص

وبذا تصبح دالة الهدف :

تعظيم ح = ص

تحت قيود س$_1$ ≥ ص

س$_2$ ≥ ص

وبذا يكون النموذج كما يلى

تعظيم ح = ص

تحت القيود

٤ س$_1$ + ٢ س$_2$ ≤ ٤٨٠

٣ س$_1$ + ٥ س$_2$ ≤ ٤٨٠

س$_1$ − ٢ س$_2$ ≤ ٣٠

− س$_1$ + ٢ س$_2$ ≤ ٣٠

س$_1$ − ص ≥ ٠

س$_2$ − ص ≥ ٠

س$_1$ ، س$_2$ ، ص ≥ ٠

٦ – ٢ – ٢ – ٣ الحل باستخدام الرسم البيانى :

Graphical Solution of L. P.

يستخدم هذا الأسلوب لحل مسألة البرمجة الخطية فى حالة وجود متغيرين أساسين أو ثلاثة متغيرات كحد أقصى ويمكن توضيح الحل فى حالة وجود متغيرين أساسين كما فى المثال التالى :

تقوم الشركة المصرية لصناعة الأثاث بتصنيع الأثاثات الخشبية فى مصانعها ويختص أحد هذه المصانع بانتاج حجرات المعيشة والمطابخ والتى تمر بالمراحل الإنتاجية التالية :

المرحلة الأولى	التصنيع	وبها	١٠٠ ساعة عمل فى اليوم
المرحلة الثانية	التشطيب	وبها	٧٧ » » » »
المرحلة الثالثة	الطلاء والتلميع	وبها	٨٠ » » » »

وتحتاج حجرة المعيشة إلى ١٠ ساعات عمل يومياً فى المرحلة الأولى

	٧ » » » » »	الثانية
	٢ » » » » »	الثالثة
ويحتاج المطبخ إلى	٢ » » » » »	الأولى
	٣ » » » » »	الثانية
	٤ » » » » »	الثالثة

وتحقق الشركة ربحاً صافياً من بيع حجرة المعيشة قدره ١٢ جنيهاً وعن المطبخ ٣ جنيهات .

فالمطلوب تحديد المزيج الأمثل للإنتاج بما يحدد أقصى ربح ممكن في اليوم .

الحـــل :

إذا عبرنا عن الوحدات المقترح إنتاجها من حجرات المعيشة بـ س١ والمطابخ بـ س٢ تصبح المسألة .

تعظيم قيود = ١٢ س١ + ٣ س٢

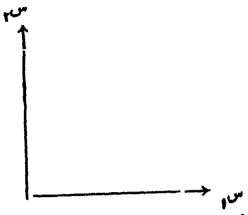
تحت قيود ١٠ س١ + ٢ س٢ > ١٠٠

٧ س١ + ٣ س٢ > ٧٧

٢ س١ + ٤ س٢ > ٨٠

س١ ، س٢ ≤

نرسم محورين أحدهما س١ والثاني س٢ كما يلي :



ونلاحظ أننا نهتم بالربع الموجب فقط حيث أن س١ ، س٢ ≤ ٠

ونرسم المتباينات الثلاثة السابقة كما يلي :

لرسم ١٠ س١ + ٢ س٢ > ١٠٠ نبدأ برسم المعادلة ١٠ س١ + ٢ س٢ = ١٠٠ ويلزم لذلك تحديد نقطتين ، وليكن عند س١ = ٠ وعند س٢ = ٠

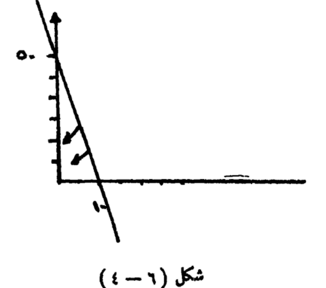
عند $س_١ = ٠$ نجد أن $٢ س_٢ = ١٠٠$

∴ $س_٢ = ٥٠$

وعند $س_٢ = ٠$ نجد أن $١٠ س_١ = ١٠٠$

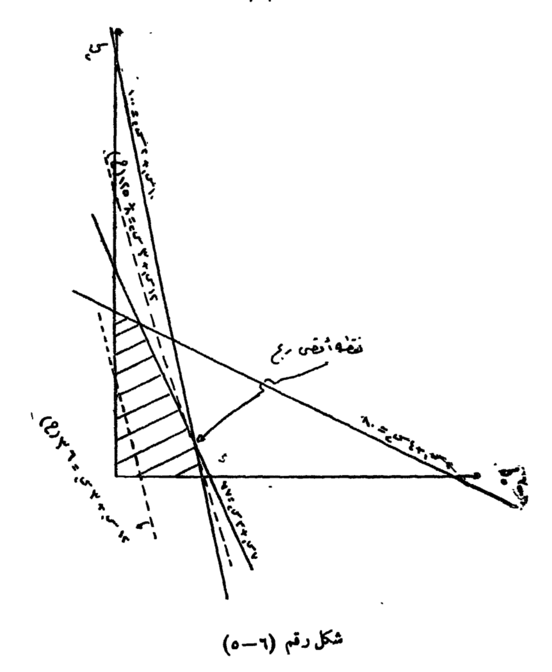
∴ $س_١ = ١٠$

أى (٠،٥٠) ، (١٠،٠) ثم نحدد المنطقة الخاصة بـ $١٠ س_١ + ٢ س_٢ \leq ١٠٠$ وذلك باختبار نقطة الأصل (٠،٠) لمعرفة ما كانت تحقق المتباينة أم لا ، وبذا نحدد منطقة تحقيق المتباينة الأولى كما فى شكل (٦ - ٤) ، وبالمثل



شكل (٦ — ٤)

يتم رسم باقى المتباينات كما فى الشكل (٦ — ٥)



شكل رقم (٦—٥)

وتمثل المساحة المظللة منطقة الحلول الممكنة التى نختار من بينها الحل الأمثل ونلاحظ هنا أن هناك عـدد لا نهائى من البدائل المتاحة والمطلوب تحديد الحل الأمثل ، ويتم ذلك بأحد طريقتين .

١ — رسم خطوط تعبر عن دالة الهدف :

إذ نفترض رقم ربح معين ثم يتم رسم دالة الهدف فى هذا المثال نفترض ربح قدره ٣٦ جنيهاً أى ١٢ س١ + ٣ س٢ = ٣٦

ولرسم هذا الخط نحدد نقطتين ليكن (١٢،٠) ، (٠،٣) ونرسم خط الربح كما فى الرسم :

ويتضح من الرسم أنه يمكن رسم خطوط لدالة الهدف تعبر عن ربح أكبر من ٣٦ جنيهاً يومياً ونستمر فى ذلك حتى نصل إلى الرقم الذى يحقق أكبر ربح وفى نفس الوقت يمر بالمساحة المظللة أى يمكن تنفيذه عملياً ، وهنا سنجد أن هذا الخط هو الخط الذى يحقق ربح قـــدره ١٢٥ $\frac{١}{٨}$ جنيهاً والمار بنقطة التقاطع (٩ $\frac{١}{٨}$ ، ٤ $\frac{٥}{٨}$) .

٢ — إختبار أركان المنطقة المظللة :

إذ أن هناك نظرية تثبت أن الحل الأمثل سوف يتواجد دائماً فى أحد الأركان الخاصة بمنطقة الحلول الممكنة . وبذا فانه يكفى لتحديد الحل الأمثل أن نختبر نقطة الأركان extreme points أى أنه بدلا من البحث عن الحل الأمثل بين عدد لا نهائى من الحلول ، يتم إختبار عدد محدود من النقط فقط وهى نقط الأركان ، وهنا يلزم أولا تحديد إحداثيات نقط التقاطع ويتم ذلك بحل المعادلتين المتقاطعتين عند كل نقطة كما يلى :

تقاطع الخطين ٢ س١ + ٤ س٢ = ٨٠ (١)

٧ س١ + ٣ س٢ = ٧٧ (٢)

∴ ٦ س١ + ١٢ س٢ = ٢٤٠ (٣)

، ٢٧ س١ + ١٢ س٢ = ٣٠٨ (٤)

∴ ٢٢ س$_1$ = ٦٨ ← س$_1$ = ٣ ١/٢٢

وبالتعويض نصل إلى س$_2$ = ١٨ ٥/٢٢ أى أن إحداثيات نقطة التقاطع، (٣ ١/٢٢ ، ١٨ ٥/٢٢).

وبالمثل تكون نقطة تقاطع الخطين

١٠ س$_1$ + ٢ س$_2$ = ١٠٠

٧ س$_1$ + ٣ س$_2$ = ٧٧

← س$_1$ = ٩ ١/٨ ، س$_2$ = ٤ ٢/٨

ويتم إختبار الأركان كما يلى :

(٠ ، ٠) = ١٢ × ٠ + ٣ × ٠ = ٠

(٠ ، ٢٠) = ١٢ × ٠ + ٣ × ٢٠ = ٦٠

(٣ ١/٢٢ ، ١٨ ٥/٢٢) = ١٢ × ٣ ١/٢٢ + ٣ × ١٨ ٥/٢٢ = ٩٢ ٥/٢٢

(٩ ١/٨ ، ٤ ٣/٨) = ١٢ × ٩ ١/٨ + ٣ × ٤ ٣/٨ = ١٢٥ ١/٨

(١٠ ، ٠) = ١٢ × ١٠ + ٣ × ٠ = ١٢٠

فتكون النقطة (٩ ١/٨ ، ٤ ٣/٨) هى نقطة الحل الأمثل، وقد يتبادر إلى الذهن أن الحل الأمثل دائماً ما يكون عند نقطة تقاطع حيث يتم استغلال جانب من الطاقة بالكامل ، إلا أن هذا غير صحيح دائماً ففى المثال السابق إذا كان ربح الوحدة من حجرات المعيشة ٢ جنيه بدلا من ٣ جنيه فإن النقطة (١٠ ، ٠) تصبح هى نقطة الحل الأمثل.

٦—٢—٢—٢—٤ مثال :

نفرض أن شركة النصر لصناعة التليفزيونات تقوم بإنتاج جهازين، علماً بأن

ربح الجهاز الأول ٦ وحدات وربح الجهاز الثانى ٤ وحدات . ونحتاج إلى وحدتين من المادة الخام لإنتاج الجهاز من النوع الأول وثلاث وحدات مادة خام لإنتاج الجهاز من النوع الثانى ، كما نحتاج إلى أربع وحدات ووحدتين ساعات عمل لإنتاج الجهاز الاول والثانى على التتابع ، فإذا كانت الكمية المتاحة من المواد الخام ١٠٠ وحدة ومن ساعات العمل ١٢٠ وحدة فما هو عدد الوحدات الواجب إنتاجها من كل نوع لتعظيم الربح فى ظل قيود الإنتاج السابقة ؟

الحـــــــل

نبدأ الحل بأن نعبر عدد الوحدات الواجب إنتاجها من النوع الأول بالرمز س١ ومن النوع الثانى بالرمز س٢ ، ونظراً لان الشركة تحقق ربحاً صافياً ٦ وحدات لكل وحدة مباعة من النوع الأول و ٤ وحدات لكل وحدة مباعة من النوع الثانى فان دالة الهدف المطلوب تعظيمها يمكن التعبير عنها كما يلى :

ع١ = ٦ س١ + ٤ س٢

على أن تراعى القيود الخاصة بالمواد الخام وكذا ساعات العمل المتاحة والتى يمكن التعبير عنها كما يلى :

ـ القيد الخاص بالمواد الخام

تحتاج الوحدة من النوع الاول إلى ٢ وحدة مادة خام أى لإنتاج س١ وحدة من النوع الأول نحتاج ٢ س١ مادة خام وكذا لإنتاج الوحدة من النوع الثانى نحتاج إلى ٣ وحدة مادة خام أى نحتاج إلى ٣ س١ مواد خام.

وبذا فإن القيد الخاص بالمواد الخام يصبح ٢ س١ + ٣ س٢ ≤ ١٠٠

وبالمثل القيد الخاص بساعات العمل ٤ س١ + ٢ س٢ ≤ ١٢٠

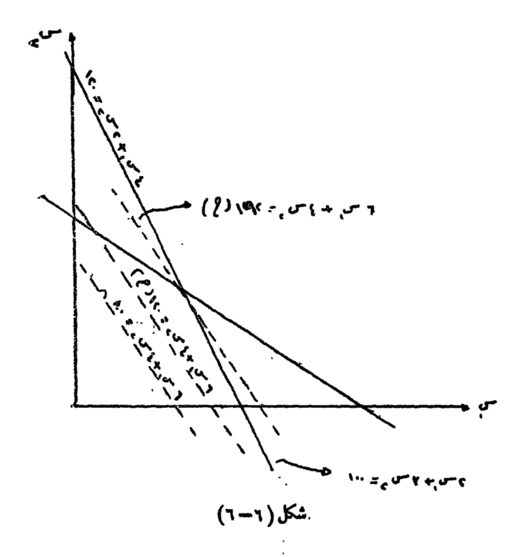
ولتحقيق شرط عدم السلبية س١ ، س٢ ≥ ٠

ويتم رسم القيد الأول عن طريق رسم المعادلة ٢ س١ + ٢ س٢ = ١٠٠
ثم لتحديد شكل المتباينة ٢ س١ + ٣ س٢ ≤ ١٠٠ يتم إختبار نقطة الأصل
لمعرفة ما إذا كانت تحقق القيد السابق أم لا وفى هذه الحالة تجد

٢ × ٠ + ٣ × ٠ < ١٠٠

وبالتالى فإن جميع النقط تحت الخط ٢ س١ + ٣ س٢ = ١٠٠
تحقق القيد ٢ س١ + س٢ < ١٠

وكذا يتم رسم المتباينة الثانية ٤ س١ + ٢ س٢ ≤ ١٢٠ وذلك برسم الخط ٤ س١ + ٢ س٢ = ١٢٠ أولا ثم يتم إختيار نقطة الأصل ٤ × ٠ + ٢ × ٠ < ١٢٠ وبالتالى فإن جميع النقط تحت الخط ٤ س١ + ٣ س٢ = ١٠٠ تحقق القيد ٤ س١ + ٣ س٢ ≤ ١٠٠ ويتم كذلك حصر المساحة الموجبة حيث س١ ≥ ٠ ، س٢ ≥ ٠ أى يتم الاهتمام فقط بالربع الموجب للإحداثيات س١ ، س٢ ويلى ذلك تحديد المساحة المشتركة التى تحقق القيود السابقة أى التى تعبر عن منطقة الحلول الممكنة إذ أن كل نقطة تقع داخل هذه المساحة المشتركة تحقق القيود المفروضة على الحل من ناحية وتحقق شرط عدم السلبية من ناحية أخرى ويمكن توضيح هذه المساحة المشتركة فى شكل (٦ — ٦) كما يلى :



شكل (٦ — ٦)

وتحتوى المساحة المشتركة على عدد لا نهائى من الحلول الممكنة والتى سوف تختار من بينها نقطة الحل الأمثل ويتم ذلك برسم خطوط ربح متوازية كما فى المثال السابق أو عن طريق إختبار الربح المحقق فى كل ركن من أركان المساحة المظللة أى إختبار الربح عند النقطة (٠ ، ٠) ، (٠ ، ٣٣ $\frac{١}{٣}$) ، (٣٠ ، ٠) وكذا الربح عند نقطة التقاطع والتى يمكن تحديد قيمتها بحل المعادلتين :

$٢ س_١ + ٣ س_٢ = ١٠٠$

$٤ س_١ + ٢ س_٢ = ١٢٠$

كما يلى :

نضرب المعادلة الأولى فى —٢ ونجمع النتيجة على المعادلة الثانية كما يلى :

$— ٤ س_١ — ٦ س_٢ = — ٢٠٠$

$٤ س_١ + ٢ س_٢ = ١٢٠$

$— ٤ س_٢ = — ٨٠$ ∴ $س_٢ = ٢٠$

وبالتعويض فى المعادلة الأولى نجد أن :

$٢ س_١ = ١٠٠ — ٦٠$ ∴ $س_١ = ٢٠$

أى أن نقطة التقاطع فى النقطة (٢٠ ، ٢٠) .

وباختيار نقط الأركان السابقة يتبين لنا أن نقطة التقاطع هى نقطة الحل الأمثل كما يلى :

(٠ ، ٠) = ٦ × ٠ + ٤ × ٠ = ٠

(٠ ، $\frac{١٠٠}{٣}$) = ٦ × ٠ + ٤ × $\frac{١٠٠}{٣}$ = ١٣٣٫٣

(٢٠ ، ٢٠) = ٦ × ٢٠ + ٤ × ٢٠ = ٢٠٠

(٣٠ ، ٠) = ٦ × ٣٠ + ٤ × ٠ = ١٨٠

∴ نقطة التقاطع تحقق أقصى ربح وقدره ٢٠٠ وحدة

٦—٢—٢—٥ مثال :

نفرض فى المثال السابق أن دالة الربح كانت كما يلى:

$ح = ٤ س_١ + ٦ س_٢$

فما هى نقطة الحل الأمثل؟

الحـــل :

تـكون المساحة المظللة كما فى المثـال السابق تماماً ، وباختبار الأركان يتبين لنا مايلى :

(٠ ، ٠) = ٤ × ٠ + ٦ × ٠ = ٠

(٠ ، ٣٣⅓) = ٤ × ٠ + ٦ × ٣٣⅓ = ٢٠٠

(٢٠ ، ٢٠) = ٤ × ٢٠ + ٦ × ٢٠ = ٢٠٠

(٣٠ ، ٠) = ٤ × ٣٠ + ٦ × ٠ = ١٢٠

أى أن الربح الأقصى يتحقق عند النقطتين (٠ ، ٣٣⅓) و (٢٠ ، ٢٠) ويرجع السبب فى ذلك إلى تطابق خط الربح مع الخط ٢ س١ + ٣ س٢ = ١٠٠ وبذا فإن أى من النقطتين وكذا أى نقطة واقعة على الخط الواصل بينهما تحقق الحد الأقصى للربح وقدره ٢٠٠ وحدة .

٦ — ٢ — ٢ — ٦ طريقة السمبلكس Simplex Method :

فى حالة زيادة عدد المتغيرات عن ٣ فإنه يستحيل رسمها بيانياً وبالتالى لا يمكن حل المسألة عن طريق الرسم البيانى ، لذا تظهر الحاجة إلى ضرورة اللجوء إلى الحل الجبرى . ولذا كخطوة أولى نبدأ بتحويل المتباينات السابقة إلى معدلات عن طريق إضافة متغيرات مكملة Slack Variables فيصبح لدينا عدد من المعادلات ليكن م معادلة وعدد من المتغيرات عددها ن + م وبالتالى فإن عدد الحلول الممكنة لمثل هذا النظام الجبرى هو عدد لا نهائى من الحلول . ولذا تظهر الحاجة إلى إيجاد أسلوب يعمل على الوصول إلى الحل الأمثل فى عدد محدود من المحاولات، وهنا تظهر أهمية أسلوب الـ Simplex الذى يقوم على الحقائق التالية:

ـــ أن منطقة الحلول الممكنة هى Convex Set.

ـــ أن كل ركن من أركان الـ Convex Set يمكن تمثيله بحل أساسى
Basic Solution

ـــ أن الحل الأمثل يوجد عند ركن من أركان الـ Convex set أى يوجد بين أحد الحلول الأساسية .

وبالتالى تقوم طريقة السمبلكس على اختبار هذه الحلول الأساسية فقط ويتم ذلك فى الخطوات التالية :

١ ـــ أن نضع ن متغير مساوياً للصفر وبذا نصبح أمام نظام جبرى مكون من م معادلة تحتوى على م مجهول. فإذا كانت هذه المجاهيل مستقلة عن بعضها البعض (وهو دائماً صحيح فى حالة فرض متغيرات الحل الأساسية مساوية القيمة صفر) ، فإنه يمكن الوصول إلى حل وحيد وهو مايسمى بالحل الأساسى وبذا تصل عدد الحلول الأساسية إلى $^{(ن+م)}ق_{م}$

$= \frac{(ن+م)!}{ن!\ م!}$ وبذا نكون أمام عدد محدود من محلول الأساسية بدلا من العدد اللانهائى فى منطقة الحلول الممكنة .

٢ ـــ أن الحلول الأساسية السابقة ليست بالضرورة حلولا ممكنة وإنما قد تحتوى على قيم سالبة ، لذا يقوم أسلوب السمبلكس بتخفيض هذه الحلول إلى الحلول الأساسية الممكنة feasible basic solution وذلك باستخدام ما يسمى بشرط الإمكانية Feasibility Condition .

٣ ـــ تضمن طريقة السمبلكس الانتقال من حل أساسى ممكن إلى حل

أساسى آخر وممكن كما يحقق ربحية أعلى من الحل السابق ، وذلك باختيار المتغير الذى يدخل الحل وفقا لشرط الربحية Optimality Condition وعلى هذا الأساس فان أسلوب السمبلكس أسلوب تتابعى ، إذا يبدأ بحل أساسى ممكن ثم ينتقل فى عدد محدود من المحاولات إلى الحل الأمثل، وهو بذلك يختلف عن طرق التفاضل التى تمكن من إيجاد النقطة العظمى مباشرة ، وإذا كان المتغير الذى يدخل الحل لا يخرج مرة أخرى كان معنى ذلك أن الحد الأقصى لعدد الحلول التى نختبرها هو م مرة إلا أنه لا يوجـــد حتى الآن أى ضمان بأن المتغير الذى يدخل الحل لن يخرج مرة أخرى، بل قد يخرج المتغير فى الجدول التالى للجدول الذى دخل فيه مباشرة .

ونبين هنا أننا نتناول هذا الموضوع مع شرح تفصيلى للنظريات الرياضية المستخدمة فى كتاب مقدمة فى بحـوث العمليات ونكتفى بالقدر السابق فى هذا الصدد .

٦ — ٣ جدولة برامج الإنتاج Sequencing & Scheduling .

نقصد بجدولة برامج الإنتاج عملية تخصيص وتوجيه عناصر الإنتاج المتاحة فى الفترات المقبلة بالشكل الذى يؤدى إلى أداء مجموعة الأعمال المتوقعة ، أى تحديد البرنامج الزمنى لتنفيذ الأوامر المستقبلة عن طريق تخصيص وتوجيه الموارد المتاحة لأداء هذه الأوامر وفقاً لترتيب زمنى يتم تحديده.

ولا شك أن الحاجة إلى جدولة برامج الإنتاج هذه تظهر كمرحلة لاحقة لمرحلة تحديد تشكيلة المنتجات وتحديد الحجم الأمثل للانتاج، وكذا توفير المواد والمهمات اللازمة للانتاج ، إذ لا يمكن القيام بجدولة الإنتاج إذا لم يكن هناك صورة واضحة لدى الإدارة فى المشروع عن نوع المنتجات وكمياتها والمواد اللازمة للانتاج وكيفية الحصول عليها.

إلا أنه من الناحية العلمية لا يمكن أن نفترض دائما أن مرحلة جدولة الإنتاج تبدأ بإنتهاء المراحل السابقة ، إذ أن هناك تداخل وتشابك بين العمليات المختلفة، فقد يقوم مخطط الإنتاج بتحديد الأعمال التى يجب القيام بها وكذا تحديد الموارد التى سوف تستخدم فى تنفيذها ، ثم يقوم القائم بجدولة الأوامر فى ضوء المعلومات السابقة فى وضع البرنامج الزمنى المناسب وعرضة على مخطط الإنتاج ، وهنا قد يقوم هذا الأخير باجراء بعض التعديلات فى خطط الإنتاج حتى يمكن تعديل البرنامج الزمنى للتنفيذ إذا ماتبين عدم ملائمة برنامج التنفيذ الزمنى لحاجة المشروع ، فقد يتم إجراء تعديلات فى المهام الإنتاجية أو إجراء تغيرات فى عناصر الإنتاج وهكذا يستمر التفاعل بين مخطط الإنتاج وواضع جداول الإنتاج الزمنية حتى ينتهى الأمر إلى تحديد المهام الإنتاجية ومصادر الإنتاج المستخدمة والترتيب الزمنى لتنفيذ هذه المهام الإنتاجية باستخدام هذه المصادر المتاحة .

إلا أننا نشير فى هذا الصدد إلى أن القرارات الإنتاجية الخاصة بتحديد المنتجات وكمياتها وكذا المصادر الإنتاجية تعد بمثابة خط عام يحدد مسار المشروع لأجل طويل ، وبالتالى فانه بمجرد الإنتهاء من تحديدها وما قد يتطلبه ذلك كما سبق من معرفة ببرامج الجدولة الممكنة ، فانها تصبح بعد ذلك ملزمة لواضع البرامج الزمنية للانتاج وعليه أن يعمل فى إطارها لمدد زمنية طويلة نسبياً .

وتمر عملية وضع البرنامج الزمنى فى مجموعة من الخطوات التى تكون نظام متكامل يوصلنا إلى قرار الجدولة وذلك كما يلى :

١ — بناء النموذج وما يقتضيه ذلك من دراسة وتحديد المشكلة مع تحديد واضح للهدف أو المقياس الذى سوف يتخذ كأساس لتقييم القرارات المختلفة

الخاصة بالجدولة ، ولا يعد هذا بالأمر السهل دائماً ، إلا أننا لانتوقع الوصول إلى قرارات سليمة إذا لم يكن هناك تحديد واضح للهدف الذى نسعى إلى تحقيقه.

٢ — تحليل المشكلة والدخول فى تفاصيل العلاقات بين عناصرها المختلفة ، وذلك بقصد تحديد معالم المشكلة ومتغيراتها والقيود التى يجب مراعاتها عند إتخاذ القرار .

٣ — ثم يلى ذلك الوصول إلى مجموعة الحلول الممكنة التى يمكن الإختيار من بينها .

٤ — وأخيراً يتم تقييم هذه الحلول الممكنة وإختيار أنسبها للمشروع وبالشكل الذى يحقق أهداف المشروع التى وضعت فى بادىء الأمر .

ونشير هنا إلى أن نظرية الجدولة الزمنية ، تهتم أساساً بدراسة التطور فى بناء النماذج الرياضية وأساليب حل هذه النماذج ، إذ تهتم الدراسات فى هذا الصدد أساساً بالإتجاه الكمى فى التعبير عن المشكلة فى شكل رياضى وذلك بترجمة الهدف الذى نسعى إلى تحقيقه إلى داله رياضية مع بيان القيود المفروضة على تعظيم داله الهدف هذه فى شكل مجموعة من المعادلات الرياضية .

وعادة ما تحتوى دالة الهدف على التكاليف المتعلقة بالجدولة الزمنية ، إلا أن قياس هذه التكاليف ليس بالأمر السهل فى كل الأحوال ، وعموماً هناك ثلاث أهداف عادة ما تتخذ كأساس لتقييم البرنامج الزمنى للجدولة .

١ — الإستخدام الأمثل لعناصر الإنتاج المتاحة ، ويتم قياسها بساعات التشغيل العاطلة للآلات .

٢ — مدى الإلتزام بمواعيد تنفيذ طلبات الإنتاج ، ويتم قياس ذلك بزمن التأخير الذى يحدث فى مواعيد تصنيع هذه الطلبيات .

٣ — الإستجابة السريعة للطلب ، ويتم قياسها بوقت الإنتظار لكل طلبية.

أما فيما يتعلق بالمعادلات الرياضية المعبرة عن القيود المفروضة على الحل، فعادة ما تعبر عن نوعين من القيود ، الأولى خاصـــة بوجود حدود لطاقة العناصر الإنتاجية المتاحة ، والثانية خاصة بوجود بعض القيود الفنية التى قد تحد من قدرة الإدارة فى تحديد تسلسل تصنيع أوامر الإنتاج .

ومن ثم فان حل مثل هذه النماذج الخاصة بالجدولة الزمنية ، يتمثل فى الإجابة على السؤالين التاليين :

— ما هو المصدر أو المصادر الإنتاجية المستخدمة فى تنفيذ كل أمر إنتاجى؟

— متى يتم تنفيذ الأمر الإنتاجى ؟

أى أن هناك قرارات تتعلق بتخصيص مصادر الإنتاج المتاحة على الأوامر الإنتاجية ، وقرارات أخرى تتعلق بالتتابع الزمنى اللازم لتنفيذ هذه الأوامر الإنتاجية.

وسوف نتناول فى نهاية هذا الفصل أحد النماذج الرياضية المتعلقة بتخصيص مصادر الإنتاج المتاحة على أوامر الإنتاج على أننا سنهتم حالياً بدراسة الحالات الخاصة بوجود تتابع زمنى.

ويتوقف إختيار النموذج الملائم لحل المسألة على درجة التعقيد فيها ، فقد تحتوى المسألة على عنصر إنتاجى واحد أو عدة عناصر إنتاجية ، وقد تتماثل أوامر الإنتاج من فترة إلى أخرى أى يتميز النموذج بالسكون Static ، أوقد تظهر أوامر إنتاج جديدة بمرور الوقت أى يتميز النموذج بالحركة Dynamic .

وسوف نبين فيما يلى بعض هذه النماذج والتى تعمل على الإستخدام الأمثل

لعناصر الإنتاج المتاحة وذلك عن طريق تقليل الساعات العاطلة الخاصة بتشغيل كل آلة وتعرف هذه النماذج بنماذج الترتيب حيث يتحدد فيها البرنامج الزمنى بالكامل بمجرد معرفة ترتيب تنفيذ هذه الأوامر ، ولا يقتصر استخدام هذه الطرق فى ترتيب الأوامر الإنتاجية فقط وإنما يمكن استخدامها فى حالات كثيرة مماثلة .

٦ — ٣ — ١ نموذج الترتيب فى حالة وجود آلتين :

نفترض فى هذا النموذج أنه يلزم لتصنيع كل أمر إنتاجى أن يمر أولا على الآلة الأولى ثم الآلة الثانية ، فإذا كان هناك عدد من الأوامر عددها ن . فيعمل النموذج على تحديد الترتيب الأمثل لهذه الأوامر بالشكل الذى يؤدى إلى تقليل الوقت الكلى المنقضى بين بداية تنفيذ الأمر الإنتاجى الأول على الآلة الأولى ونهاية تنفيذ الأمر الإنتاجى الأخير على الآلة الثانية ويقوم هذا النموذج على إفتراض معرفة ما يلى :

١ — أن الوقت اللازم لتشغيل كل أمر إنتاجى معلوم مقدماً.

٢ — إنه بمجرد الإنتهاء من تشغيل الأمر الإنتاجى على الآلة الأولى ، يتم تشغيل الأمر الإنتاجى على الآلة الثانية مباشرة وذلك فى حاله وجود الآله بدون تشغيل ، أو أن يتم إلحاق الأمر الإنتاجى إلى صف الإنتظار للالة الثانية فى حاله إستخدامها بواسطة أوامر إنتاج سابقة على أمر التشغيل .

وعلى هذا الأساس إذا كان ترتيب تصنيع الأمر الإنتاجى ك على الآلة الأولى هو الأمر الإنتاجى السابع مثلا ، فان ترتيب تنفيذ نفس الأمر على الآلة الثانية يكون هو الأمر السابع أيضاً وسواء تم تشغيلة مباشرة على الآلة الثانية أو بعد إنتظاره فى صف الإنتظار الخاص بها ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى:

٦—٣—١—١ مثـال :

نفترض أن هناك ١٠ أوامر إنتاجية يلزم لتصنيعها المرور على آلتين ا، ب وكان الوقت اللازم لتصنيع كل من هذه الأوامر العشرة على كل آلة من الآلتين كما يلى:

جدول (٦—٢)

الأمر الإنتاجى	الآلة ا	الآلة ب
١	٢٠	٤
٢	١٠	١٢
٣	٣	٥
٤	١٠	٨
٥	٥	٦
٦	٢	١٢
٧	٨	٤
٨	٧	١٠
٩	٣	٦
١٠	٤	١

والمطلوب تحديد الترتيب الأمثل لأوامر الإنتاج الذى يؤدى إلى تقليل الوقت

الكلى المنقضى بين بداية تنفيذ الأمر الإنتاجى الأول على آلة الأولى ونهاية تنفيذ الأمر الإنتاجى الأخير على الآلة الثانية .

ويمكن فيما يلى بيان الوقت الخاص ببداية ونهاية تنفيذ كل أمر من أوامر الإنتاج على كل من الآلة الأولى والثانية ، وذلك وفقاً للترتيب الحالى أى
١—٢ -٣—٤—٥—٦—٧—٨—٩—١٠

جدول (٦—٣)

الأمر الإنتاجى	الآلة الأولى وقت البدء	الآلة الأولى وقت الإنتهاء	الآلة الثانية وقت البدء	الآلة الثانية وقت الإنتهاء	وقت العطل على الآلة الثانية
١	٠	٢٠	٢٠	٢٤	٢٠
٢	٢٠	٣٠	٣٠	٤٢	٦
٣	٣٠	٣٣	٤٢	٤٧	٠
٤	٣٣	٤٣	٤٧	٥٥	٠
٥	٤٣	٤٨	٥٥	٦١	٠
٦	٤٨	٥٠	٦١	٧٣	٠
٧	٥٠	٥٨	٧٣	٧٧	٠
٨	٥٨	٦٥	٧٧	٨٧	٠
٩	٦٥	٦٨	٨٧	٩٣	٠
١٠	٦٨	٧٢	٩٣	٩٤	٠

ويتمثل وقت العطل الخاص بالآلة الأولى فى الفرق بين وقت الإنتهاء من تنفيذ الأمر الإنتاجى العاشر على الآلة الثانية ووقت الإنتهاء من إنتاجه على الآلة

الاولى أى ٩٤ — ٧٢ = ٢٢ ، أما وقت العطل على الآلة الثانية فيمكن حسابه فيما يلى :

وقت العطل على الآلة الثانية = الوقت الخاص ببدأ تشغيل أول أمر على الآلة الثانية + مجـ ١٠ ك = ٢ (وقت بداية الأمر الإنتاجى رقم ك — وقت إنتهاء الأمر الإنتاجى رقم (ك — ١) على الآلة الثانية)

= ٢٠ + ٦ + ٠ + ٠ + ٠٠٠٠٠٠٠ + ٠ = ٢٦

وهنا يثار سؤال حول مدى إمكانيه إيجاد ترتيب معين لهذه الأوامر الإنتاجية من شأنه تقليل وقت التشغيل على الآلتين ؟ وللإجابة على ذلك نتبع الخطوات التالية :

١ — نختار أقل وقت تشغيل أمر إنتاجى سواء كان هـذا الوقت الأقل خاص بتشغيل الأمر على الآلة الأولى أو الثانية .

٢ — إذا كان هذا الوقت الأقل خاص بالآلة الأولى ، ضع الأمر الإنتاجى فى بداية الترتيب ، أما إذا كان هذا الوقت الأقل خاص بالآلة الثانية ، ضع الأمر الإنتاجى فى نهاية الترتيب .

٣ — أحذف الأمر الإنتاجى الذى تم ترتيبه .

٤ — نكرر الخطوات ١ ، ٢ ، ٣ حتى يتم ترتيب باقى الأوامر الإنتاجية.

ويمكن تطبيق هذه الخطوات على المثال السابق كما يلى:

بالنظر إلى جدول(٦ — ٢) نجد أن أقل وقت التشغيل هو الوقت الخاص بالامر الإنتاجى العاشر على الآلة الثانية (ب) ، وعلى هذا الاساس يتم ترتيب الامر الإنتاجى العاشر كآخر أمر فى الترتيب ، ويتم حذف هذا الامر .

بعد حذف الامر الإنتاجى العاشر ، نجد أن أقل وقت للتشغيل هو الوقت

الخاص بالأمر الانتاجى السادس ، إذ يحتاج تشغيل هذا الامر ساعتين عمل على الآلة (ا) ولذا يتم وضع الامر (٦) فى بداية الترتيب ، ثم يتم حـــذف هذا الأمر .

بعد حذف الأمر الإنتاجى السادس ، نجد أن أقل وقت للتشغيل هو ٣ ساعات ويخص الامر رقم (٣) ، (٩) ونظراً لأن كلاهما على الآلة (ا) ، لذا يتم إختيار أحدهما ليوضع أولا فى الترتيب ثم يليه الامر الثانى مباشرة وليكن الامر الثالث ثم التاسع .

بعد حذف الأمر الانتاجى (٣) ، (٩) ، نجد أن أقل وقت للتشغيل هو ٤ ساعات على الآلة الثانية (ب) ويخص الامر الإنتاجى الاول والسابع ولذا يتم وضعها فى نهاية الترتيب أى قبل الامر العاشر مباشرة ، وهكذا نستمر فى تكرار خطوات الترتيب السابقة حتى يتم ترتيب كل الاوامر الإنتاجية العشرة.

وهنا نصل إلى أحد الحلول الاربعة البديلة التالية :

٦ — ٣ — ٩ — ٥ — ٨ — ٢ — ٤ — ١ — ٧ — ١٠

٦ — ٩ — ٣ — ٥ — ٨ — ٢ — ٤ — ١ — ٧ — ١٠

٦ — ٣ — ٩ — ٥ — ٨ — ٢ — ٤ — ٧ — ١ — ١٠

٦ — ٩ — ٣ — ٥ — ٨ — ٢ — ٤ — ٧ — ١ — ١٠

ويعد أى حل من الحلول الاربعة السابقة بمثابة حل أمثل وذلك من حيث العمل على تقليل الوقت اللازم للتشغيل على الآلتين .

ويمكن بيان الوقت الخاص ببداية ونهاية تنفيذ كل أمر من أوامر الإنتاج على كل من الآلة الاولى والثانية وفقاً للحل الامثل الاول (٦ — ٣ — ٩ — ٥ — ٨ — ٢ — ٤ — ١ — ٧ — ١٠) وذلك كما فى جدول (٦ — ٤).

جدول (٦ — ٤)

الأمر الإنتاجي	الآلة الأولى وقت البدأ	وقت الإنتهاء	الآلة الثانية وقت البدأ	وقت الإنتهاء	وقت العطل على الآلة الثانية
٦	٠	٢	٢	١٤	٢
٣	٢	٥	١٤	١٩	٠
٩	٥	٨	١٩	٢٥	٠
٥	٨	١٣	٢٥	٣١	٠
٨	١٣	٢٠	٣١	٤١	٠
٢	٢٠	٣٠	٤١	٥٣	٠
٤	٣٠	٤٠	٥٣	٦١	٠
١	٤٠	٦٠	٦١	٦٥	٠
٧	٦٠	٦٨	٦٨	٧٢	٣
١٠	٦٨	٧٢	٧٢	٧٣	٠

ووفقاً لهذا الترتيب نجد أن الوقت الكلي المنقضي لتشغيل العشرة أوامر إنتاجية على الآلتين قد إنخفض من ٩٥ ساعة إلى ٧٣ ساعة فقط وهو مايعادل ٢٢٪ تخفيض فى وقت التشغيل ($\frac{٢٢}{٩٥}$ × ١٠٠ = ٢٢٫٣٤ ٪) ، وبالمثل قد إنخفض وقت العطل على كل من الآلة الأولى والثانية إذ انخفض من ٢٢ ساعة إلى ساعة واحدة على الأولى ومن ٢٦ ساعة إلى ٥ ساعات على الآلة الثانية .

٦—٣—١—٢ مثال :

يستلم مصنع الإصلاحات العامة يومياً مجموعة من الادوات المنزلية المطلوب إصلاحها والتى عادة ماتحتاج إلى يوم واحد تشغيل . وقد دلت الخبرة السابقة على

أن المصنع يستطيع مواجهة طلبات العملاء هذه وإن تطلب ذلك تشغيل العاملين لساعات عمل إضافية .

وقد بحثت مديرة المشروع والتى حصلت على بعض كورسات بحوث عمليات فى كلية التجارة جامعة القاهرة إمكانية تلبية الطلبات دون حاجة إلى دفع مبالغ كبيرة لمواجهة ساعات العمل الإضافية .

ويعمل بالشركة عامل ماهر له خبرة طويلة فى تحديد الجزء المطلوب إصلاحه ويتقاضى ٥٠و ج فى الساعة وبالإضافة إلى ذلك يوجد عامل آخر يقوم بالإصلاح ويتقاضى ٢٥و ج فى الساعة . وبدراسة سجلات الأجور فى الستة شهور السابقة وجدت المديرة أنها قد دفعت ٢٥١و٤٤٥ ج مقابل ساعات العمل الإضافية ، إذ تحسب الساعة الإضافية بساعة ونصف وذلك كما يلى :

(١٨٩ ساعة عمل إضافية × $\frac{٣}{٢}$ × ٥٠و) للعامل الأول +

(٢٩٢ ساعة عمل إضافية × $\frac{٣}{٢}$ × ٢٥و) للعامل الثانى = ٢٥١و٤٤ ج.م

وهنا أيقنت المديرة أنها تفقد جانب من الأرباح بسبب هذه الأجور الإضافية . ولذا قررت إستخدام ما تعرفه من علـم بحوث العمليات فى إعادة ترتيب تنفيذ الأوامر اليومية بالشكل الذى يؤدى إلى تنفيذ الجانب الأكبر من أعمال الإصلاح اليومية فى أوقات العمل الأصلية ودون ما حاجة إلى ساعات العمل الإضافية .

ويتمثل الوضع الحالى فى إختيار الأدوات المنزلية المطلوب إصلاحها بواسطه العامل الاول وذلك وفقاً للترتيب فى جدول (٦ — ٥).

جدول (٦ — ٥)

رقم الصنف	إسم الصنف	العدد من كل صنف	الوقت اللازم لتحديد العطل بالدقائق	وقت إصلاح العطل بالدقائق
١	مكواه (نوع ا)	٨	١٧	١٥
٢	توستر (نوع ا)	٥	١٢	٢٠
٣	راديو	٤	٢٠	٢٥
٤	خلاط	٦	١٦	١٢
٥	مكواه (نوع ب)	٣	١٠	٨
٦	توستر (نوع ب)	٤	١٤	١٢
٧	مكنسة كهربائية	٦	١٥	١٠
٨	سكينة كهربائية	٣	٦	١١

وبعد تحديد نوع العطل يتم تحويل الصنف مباشرة إلى عامل الإصلاح، الذى يتولى إجراء الإصلاح مباشرة فى حالة عدم وجود أجزاء سابقة تحت الإصلاح أو يتم إلحاق الصنف المختبر بصف الإنتظار فى حاله إنشغال عامل الإصلاح فى إصلاح أصناف موجودة من قبل . كما يراعى أن ترتيب إصلاح الأصناف هو نفس الترتيب الذى روعى فى إكتشاف العطل الخاص بهذه الأصناف .

ويبين جدول (٦ — ٥) السابق العدد الوارد فى اليوم الواحد من كل صنف والوقت اللازم لإكتشاف وإصلاح الأعطال بالدقائق . وهنا إذا تم إصلاح الأصناف وفقاً للترتيب الوارد فى جدول (٦ — ٥) أى يتم اكتشاف الأعطال الخاصة بالثمان مكاوى نوع (ا) ثم الخمسة وحدات توستر نوع (ا) ثم الأربع وحدات راديو ... وهكذا ، فإن العامل الماهر المختص بتحديد العطل سوف يعمل ٥٦٦ دقيقة أى ٩,٤٣٣ ساعة بينما يعمل عامل الإصلاح ٥٩١ دقيقة أى ٩,٨٥ ساعة وذلك كما فى جدول (٦ — ٦) فاذا كانت ساعات العمل اليومية

هى ٨ ساعات كان معنى ذلك أن العامل الماهر سوف يعمل ساعات إضافية ١٫٤٣٣ بتكلفة قدرها ١٫٤٣٣ × ١٫٥ × ٠٫٥ = ١٫٠٧ ج كما أن عامل الإصـــلاح سوف يعمل ١٫٨٥ ساعة عمل إضافية بتكلفة قدرها ١٫٧٥ × ١٫٥ × ٠٫٢٥ = ٠٫٦٩ ج

وقد يبدو بديهيا أنه من المفضل تشغيل عامل الإصلاح بسرعة قدر الإمكان دون حاجة إلى إبقائه مدة طويلة بلا عمل مع وضع الأصناف التى تحتاج إلى وقت إصلاح بسيط فى نهاية الترتيب حتى يمكن لعامل الإصلاح من الإنتهاء من عمليات الإصلاح بعـد وقت قصير من إنتهاء العامل الماهر من تحديد أعطال الأصناف المختلفة .

ولتحديد هذا الترتيب الأمثل للأصناف سوف نتجاهل حالياً وجود عدد من الوحدات من كل صنف ، فبالنظر إلى جدول (٦ — ٦) نجد أن السكينة الكهربائية تحتاج إلى أقل وقت وهى ٦ دقائق لإكتشاف العطل ، ولذا يتم وضع الثلاث وحدات من السكينة الكهربائية فى بداية الترتيب ، ويلى ذلك الوقت الخاص باصلاح المكواة نوع «ب» إذ تحتاج الوحدة إلى ٨ دقائق ، ولذا توضع الثلاث وحدات الخاصة بالمكواه نوع «ب» فى نهاية الترتيب .

وبتكرار الخطوات السابقة نصل إلى الترتيب الأمثل التالى :

أولا : الثلاث وحدات من السكينة الكهربائية .

ثانياً : الخمس وحدات من التوستر (نوع ا) .

ثالثاً : الأربع وحدات راديو .

رابعاً : الثمان وحدات مكواه (نوع ا) .

خامساً : الستة وحدات خلاط .

جدول (٦ — ٦)

الصنف	تحديد العطل		إصلاح العطل		وقت العطل بالنسبة
	وقت الإبتداء	وقت الإنتهاء	وقت الإبتداء	وقت الإنتهاء	لعامل الإصلاح
١	٠	١٧	١٧	٣٢	١٧
١	١٧	٣٤	٣٤	٤٩	٢
١	٣٤	٥١	٥١	٦٦	٢
١	٥١	٦٨	٦٨	٨٣	٢
١	٦٨	٨٥	٨٥	١٠٠	٢
١	٨٥	١٠٢	١٠٢	١١٧	٢
١	١٠٢	١١٩	١١٩	١٣٤	٢
١	١١٩	١٣٦	١٣٦	١٥١	٢
٢	١٣٦	١٤٨	١٥١	١٧١	٠
٢	١٤٨	١٦٠	١٧١	١٩١	٠
٢	١٦٠	١٧٢	١٩١	٢١١	٠
٢	١٧٢	١٨٤	٢١١	٢٣١	٠
٢	١٨٤	١٩٦	٢٣١	٢٥١	٠
٣	١٩٦	٢١٦	٢٥١	٢٧٦	٠
٣	٢١٦	٢٣٦	٢٧٦	٣٠١	٠
٣	٢٣٦	٢٥٦	٣٠١	٣٢٦	٠
٣	٢٥٦	٢٧٦	٣٢٦	٣٥١	٠
٤	٢٧٦	٢٩٢	٣٥١	٣٦٣	٠
٤	٢٩٢	٣٠٨	٣٦٣	٣٧٥	٠
٤	٣٠٨	٣٢٤	٣٧٥	٣٨٧	٠

الصنف	تحديد العطل		إصلاح العطل		وقت العطل بالنسبة
	وقت الابتداء	وقت الانتهاء	وقت الابتداء	وقت الانتهاء	لعامل الاصلاح
٤	٣٢٤	٣٤٠	٣٨٧	٣٩٩	٠
٤	٣٤٠	٣٥٦	٣٩٩	٤١١	٠
٤	٣٥٦	٣٧٢	٤١١	٤٢٣	٠
٥	٣٧٢	٣٨٢	٤٢٣	٤٣١	٠
٥	٣٨٢	٣٩٢	٤٣١	٤٣٩	٠
٥	٣٩٢	٤٠٢	٤٣٩	٤٤٧	٠
٦	٤٠٢	٤١٦	٤٤٧	٤٥٩	٠
٦	٤١٦	٤٣٠	٤٥٩	٤٧١	٠
٦	٤٣٠	٤٤٤	٤٧١	٤٨٣	٠
٦	٤٤٤	٤٥٨	٤٨٣	٤٩٥	٠
٧	٤٥٨	٤٧٣	٤٩٥	٥٠٥	٠
٧	٤٧٣	٤٨٨	٥٠٥	٥١٥	٠
٧	٤٨٨	٥٠٣	٥١٥	٥٢٥	٠
٧	٥٠٣	٥١٨	٥٢٥	٥٣٥	٠
٧	٥١٨	٥٣٣	٥٣٥	٥٤٥	٠
٧	٥٣٣	٥٤٨	٥٤٨	٥٥٨	٣
٨	٥٤٨	٥٥٤	٥٥٨	٥٦٩	٠
٨	٥٥٤	٥٦٠	٥٦٩	٥٨٠	٠
٨	٥٦٠	٥٦٦	٥٨٠	٥٩١	٠

المجموع ٣٤

سادساً : الأربع وحدات من التوستر (نوع ب)

سابعاً : الستة وحدات مكنسة كهربائية

ثامناً : الثلاث وحدات مكواه (نوع ب)

ويؤدى هذا الترتيب الأمثل إلى تشغيل العامل الماهر نفس القدر من الوقت وهو ٥٦٦ دقيقة أى ٩٫٤٤٣ ساعة ، بينما ينخفض وقت العطل للعامل الثانى من ٣٤ دقيقة فى اليوم إلى ١٧ دقيقة فى اليوم ، إذ وفقاً لهـذا الترتيب يعمل عامل الاصلاح ٥٧٤ دقيقة فى اليوم أى ٩٫٥٦٦ وهو ما يؤدى إلى توفير ضئيل فى وقت تشغيل عامل الإصلاح (١٧ دقيقة فى اليوم) أى يؤدى إلى وفر قـدره ٣٦٫٨ج فى العام ، إلا أن هذا المبلغ يتضاعف إذا ما ارتفع اجر عامل الإصلاح من ٢٥و ج إلى ٥٠و ج إذ أن هذا الرقم الأخير يقترب من معدلات الأجور الجارية حالياً .

ويوضح جدول (٦– ٧) وقت التشغيل للعامل الماهر وعامل الاصلاح وفقاً لجدول الترتيب الأمثل .

الصنف	تحديد العطل وقت الابتداء	تحديد العطل وقت الانتهاء	إصلاح العطل وقت الابتداء	إصلاح العطل وقت الانتهاء	وقت العطل بالنسبة لعامل الاصلاح
٨	٠	٦	٦	١٧	٦
٨	٦	١٢	١٧	٢٨	٠
٨	١٢	١٨	٢٨	٣٩	٠
٢	١٨	٣٠	٣٩	٥٩	٠
٢	٣٠	٤٢	٥٩	٧٩	٠
٢	٤٢	٥٤	٧٩	٩٩	٠
٢	٥٤	٦٦	٩٩	١١٩	٠
٢	٦٦	٧٨	١١٩	١٣٩	٠
٣	٧٨	٩٨	١٣٩	١٦٤	٠
٣	٩٨	١١٨	١٦٤	١٨٩	٠
٣	١١٨	١٣٨	١٨٩	٢١٤	٠
٣	١٣٨	١٥٨	٢١٤	٢٣٩	٠
١	١٥٨	١٧٥	٢٣٩	٢٥٤	٠
١	١٧٥	١٩٢	٢٥٤	٢٦٩	٠
١	١٩٢	٢٠٩	٢٦٩	٢٨٤	٠
١	٢٠٩	٢٢٦	٢٨٤	٢٩٩	٠
١	٢٢٦	٢٤٣	٢٩٩	٣١٤	٠
١	٢٤٣	٢٦٠	٣١٤	٣٢٩	٠
١	٢٦٠	٢٧٧	٣٢٩	٣٤٤	٠
١	٢٧٧	٢٩٤	٣٤٤	٣٥٩	٠

الصنف	تحديد العطل		اصلاح العطل		وقت العطل
	وقت الإبتداء	وقت الإنتهاء	وقت الإبتداء	وقت الإنتهاء	بالنسبة لعامل الإصلاح
٤	٢٩٤	٣١٠	٣٥٩	٣٧١	٠
٤	٣١٠	٣٢٦	٣٧١	٣٨٣	٠
٤	٣٢٦	٣٤٢	٣٨٣	٣٩٥	٠
٤	٣٤٢	٣٥٨	٣٩٥	٤٠٧	٠
٤	٣٥٨	٣٧٤	٤٠٧	٤١٩	٠
٤	٣٧٤	٣٩٠	٤١٩	٤٣١	٠
٦	٣٩٠	٤٠٤	٤٣١	٤٤٣	٠
٦	٤٠٤	٤١٨	٤٤٣	٤٥٥	٠
٦	٤١٨	٤٣٢	٤٥٥	٤٦٧	٠
٦	٤٣٢	٤٤٦	٤٦٧	٤٧٩	٠
٧	٤٤٦	٤٦١	٤٧٩	٤٨٩	٠
٧	٤٦١	٤٧٦	٤٨٩	٤٩٩	٠
٧	٤٧٦	٤٩١	٤٩٩	٥٠٩	٠
٧	٤٩١	٥٠٦	٥٠٩	٥١٩	٠
٧	٥٠٦	٥٢١	٥٢١	٥٢١	٢
٧	٥٢١	٥٣٦	٥٣٦	٥٤٦	٥
٥	٥٣٦	٥٤٦	٥٤٦	٥٥٤	٠
٥	٥٤٦	٥٥٦	٥٥٦	٥٦٤	٢
٥	٥٥٦	٥٦٦	٥٦٦	٥٧٤	٢
				المجموع	١٧

ونلاحظ أن الترتيب الأمثل السابق لا يؤدى فقط إلى تقليل وقت العطل الخاص بعامل الإصلاح إلى أقل حد ممكن ، بل يؤدى أيضاً إلى تقليل وقت التشغيل الكلى إبتداء من إصلاح أول وحده فى أول صنف حتى إتمام إصلاح آخر وحده فى آخر صنف .

ورغم أن بحوث العمليات لم تؤدى إلى تحقيق وفورات تذكر فى المثال السابق ، إلا أن ذلك لا يجب أن يهبط من همه دارس بحوث العمليات ، إذ يتضاعف هذا المبلغ مع تضاعف معدلات الأجور الخاصة بعامل الإصلاح .

٦ - ٣ - ١ - ٣ مثال :

إذا افترضنا فى المثال السابق أنه من الضرورى قيام العامل الماهر بتحديد أسباب العطل لوحدات صنف معين قبل أن يبدأ عامل الإصلاح فى إصلاح أى وحده من وحدات هذا الصنف ، وبالتالى يلزم تحديد الأعطال فى وحدات المكواه (نوع ١) وذلك قبل أن يبدأ عامل الإصلاح فى إصلاح أى وحده من وحدات المكواه (نوع ١) . فهنا نكون أمام مسألة مختلفة تماما عن المثال السابق ، ولحل هذه المسأله يلزم أولا تجميع الوقت الخاص باكتشاف العطل والوقت الخاص بالإصلاح وذلك بالنسبة لكل صنف كما فى جدول (٦ - ٨) .

جدول (٦ - ٨)

رقم الصنف	اسم الصنف	مجموع الوقت اللازم لتحديد العطل فى كل صنف	مجموع الوقت اللازم لاصلاح العطل فى كل صنف
١	مكواه (١)	١٣٦ (١٧×٨)	٩٠ (١٥×٨)
٢	توستر نوع (١)	٦٠ (١٢×٥)	١٠٠ (٢٠×٥)
٣	راديو	٨٠	١٠٠
٤	خلاط	٩٦	٧٣

٥	مكواه (نوع ب)	٣٠	٢٤
٦	توستر (نوع ب)	٥٦	٤٨
٧	مكنسة كهربائية	٩٠	٦٠
٨	سكينة كهربائية	١٨	٣٣

وهنا إذا تم وضع الأصناف وفقاً للترتيب فى جدول (٦-٨) فإنه يمكن حسبان أوقات التشغيل للعامل الماهر وكذا عامل الإصلاح وفقاً لجدول (٦-٩).

جدول (٦ - ٩)

الصنف	تحديد العطل		اصلاح العطل		وقت العطل بالنسبة
	وقت الإبتداء	وقت الإنتهاء	وقت الإبتداء	وقت الإنتهاء	لعامل الإصلاح
١	٠	١٣٦	١٣٦	٢٢٦	١٦٣
٢	١٢٦	١٩٦	٢٢٦	٣٢٦	٠
٣	١٩٦	٢٧٦	٣٢٦	٤٢٦	٠
٤	٢٧٦	٣٧٢	٤٢٦	٤٩٨	٠
٥	٣٧٢	٤٠٢	٤٩٨	٥٢٢	٠
٦	٤٠٢	٤٥٨	٥٢٢	٥٧٠	٠
٧	٤٥٨	٥٤٨	٥٧٠	٦٣٠	٠
٨	٥٤٨	٥٦٦	٦٣٠	٦٦٣	٠
				المجموع	١٣٦

ويتبين مما سبق أن العامل الماهر يعمل لمدة ٥٦٦ دقيقة أى ٩٫٤٣٣ ساعة عمل فى اليوم بواقع ١٫٤٣٣ ساعة عمل إضافية ، وذلك كما فى المثال السابق تماما . أما عامل الإصلاح فيعمل ٦٦٣ دقيقه فى اليوم ١١٫٠٥ ساعة فى اليوم بواقع ٣٫٠٥ ساعة عمل إضافية . وهو مايحمل المشروع تكلفة إضافية قدرها ٣٫٠٥ × ١٫٥ × ٢٥و = ١٫١٤٤ ج فى اليوم ويكون الترتيب الأمثل فى هذا المثال كما فى جدول (٦ - ١٠)

جدول (٦ — ١٠)

الصنف	تحديد العطل وقت الإبتداء	تحديد العطل وقت الإنتهاء	تحديد العطل وقت الإبتداء	تحديد العطل وقت الإنتهاء	وقت العطل بالنسبة لعامل الإصلاح
١	٠	١٨	١٨	٥١	١٨
٢	١٨	٧٨	٧٨	١٧٨	٢٧
٣	٧٨	١٥٨	١٧٨	٢٧٨	٠
٤	١٥٨	٢٩٤	٢٩٤	٣٨٤	١٦
٥	٢٩٤	٣٩٠	٣٩٠	٤٦٢	٦
٦	٢٩٠	٤٨٠	٤٨٠	٥٤٠	١٨
٧	٤٨٠	٥٣٦	٥٤٠	٥٨٨	٠
٨	٥٣٦	٥٦٦	٥٨٨	٦١٢	٠
				المجموع	٨٥

ويؤدى الحل الأمثل إلى تخفيض وقت العطل بالنسبة لعامل الإصلاح من ١٣٦ دقيقة فى اليوم إلى ٨٥ دقيقه أى بوفر قدره ٥١ دقيقة وهو مايقرب من ساعة عمل يومياً ، الأمر الذى ينعكس أثره فى تخفيض التكاليف خاصة إذا ماارتفع أجر عامل الإصلاح فى الساعة .

٦ - ٣ - ١ - ٤ مثال :

إذا كان هناك خمسة أوامر إنتاج يلزم لتصنيعها أن تمر أولاً على الآلة (ا) ثم الآله (ب) وكان وقت التشغيل بالساعات كما هو فى جدول (٦ — ١١) .

جدول (٦ — ١١)

أمر الإنتاج	آلة (أ)	آله (ب)
١	٣	٦
٢	٧	٢
٣	٤	٧
٤	٥	٣
٥	٧	٤
	٢٦	٢٢

وهنا نجد أن أقل وقت للتشغيل هو ٢ ساعة على الآلة (ب) لذا يضع أمر إنتاج رقم (٢) فى نهاية الترتيب ، و بعد استبعاد أمر إنتاج رقم (٢) نجد أن أقل وقت للتشغيل هو ٣ ساعات على الآله الأولى ولذا نضع الأمر الإنتاجى رقم (١) فى بداية الترتيب ، وهكذا حتى نصل إلى الترتيب أمثل ١ — ٣ — ٥ — ٤ — ٢ .

ونلاحظ أن هذا الترتيب الأمثل هو أفضـــل ترتيب من بين عدد من التراتيب الممكنة يصل عددها إلى |٥ = ٥ × ٤ × ٣ × ٢ × ١ = ١٢٠ ترتيب ، ويرجع ذلك إلا أنه يمكننا إختيار أى أمر انتاجى لنبدأ به الترتيب ، أى هناك ٥ طرق للإختيار لشغل المكان الأول وبعد إتمام الإختيار الأول يكون أمامنا ٤ طرق للإختيار من بين الأوامر الأربعة المتبقية وذلك لشغل المكان الثانى ثم ٣ طرق للاختيار لشغل المكان الثالث وطريقين للاختيار لشغل المكان الرابع ثم يتبقى أمر وحيد لشغل المكان الخامس .

ويمكن بيان الأوقات الخاصة بالترتيب الأمثل فى جدول (٦ — ١٢) .

جدول (٦ — ١٢)

أمر الإنتاج	ماكينة ا		ماكينة ب		وقت العطل للماكينة (ب)
	إبتداء	إنتهاء	إبتداء	إنتهاء	
١	٠	٣	٣	٩	٣
٣	٣	٧	٩	١٦	٠
٥	٧	١٤	١٦	٢٠	٠
٤	١٤	١٩	٢٠	٢٣	٠
٢	١٩	٢٦	٢٦	٢٨	٣
				المجموع	٦

ويتبين من جدول (٦ - ١٢) أن وقت العطل على الماكينة (ب) هو ٦ ساعات يومياً وعلى الماكينة (ا) ساعتين يومياً .

وعموماً يمكن حساب الوقت الكلى للتشغيل والوقت الكلى لساعات العطل كما يلى :

الوقت الكلى للتشغيل = ٢٨ × ٢ = ٥٦ ساعة

أى أن الوقت الكلى للتشغيل هو وقت الانتهاء على الآله الأخيرة وهو ٢٨ ساعة مضروبا فى عدد الآلات وهو آلتين فى هذه الحاله .

الوقت الكلى لساعات العطل = ٥٦ — (٢٦ × ٢٢) = ٨ ساعات

أى أن الوقت الكلى لساعات العطل = الوقت الكلى للتشغيل — [وقت التشغيل الكلى للآله (ا) + وقت التشغيل الكلى للآله (ب)]

ويمكن أيضاً تحديد ساعات العطل عن طريق اللجوء للرسم البيانى ، كما فى شكل (٦ — ٣) الذى يعرف بخرائط جانت Gantt Chart.

آلة (أ) ١ ٢ ٥ ٤ ٣
٢ ٤ ٦ ٨ ١٠ ١٢ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٤ ٢٦ ٢٨ ٣٠

آلة (ب) ١ ٢ ٥ ٤ ٣
٠ ٢ ٤ ٦ ٨ ١٠ ١٢ ١٤ ١٦ ١٨ ٢٠ ٢٢ ٢٤ ٢٦ ٢٨ ٣٠

٦ — ٣ — ٢ نموذج الترتيب فى حالة وجود ثلاث آلات :

لا يوجد حـل أمثل لهذه المشكلة إلا إذا توافر على الاقل أحد الشرطين التاليين :

١ — أقل وقت للتشغيل على الآلة الاولى يعادل على الاقل أكبر وقت للتشغيل على الآلة الثانية ، أى أن:

أقل وقت للتشغيل على الآلة (١) $\geqslant$ أكبر وقت للتشغيل على الآلة (٢)

٢ — أقل وقت للتشغيل على الآلة الثالثة يعادل على الاقل أكبر وقت للتشغيل على الآلة الثانية ، أى أن :

أقل وقت للتشغيل على الآلة (٣) $\geqslant$ أكبر وقت للتشغيل على الآلة (٢)

فاذا توافر أحد الشرطين السابقين أو كلاهما ، فانه يمكن إيجاد الترتيب الامثل لأوامر الإنتاج المارة على الآلات الثلاثة كما يلى :

١ — نجمع وقت التشغيل الخاص بالآلة الاولى والثانية وذلك بالنسبة لكل أمر إنتاجى على حده .

٢ — نجمع وقت التشغيل الخاص بالآلة الثانية والثالثة بالنسبه لكل أمر إنتاجى على حده .

٣ — نستخدم الوقت الناتج فى الخطوة (١) ، (٢) كما لو كان وقت التشغيل لأوامر الإنتاج على آلتين ، وبالتالى نستخدم خطوات الحل الامثل الخاصة بترتيب أوامر الإنتاج فى حالة وجود آلتين .

٤ ـ يكون الحل الامثل الخاص بوجود آلتين والسابق الحصول عليه فى الخطوة الثالثة هو أيضاً الحل الأمثل للمسألة الاصلية الخاصة بترتيب الاوامر على ثلاث آلات .

ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى:

٦ — ٣ — ٢ — ١ مثال :

إذا كان لدينا خمس أوامر إنتاجية يلزم لتصنيعها المرور على الآلة (١) ثم (٢) ثم (٣) وكانت أوقات التشغيل الخاصة بكل أمر إنتاجى على كل آلة من الآلات الثلاثة كما فى جدول (٦ — ١٣)

جدول (٦ — ١٣)

أمر الإنتاج	الآلة(١)	الآله (٢)	الآله(٣)
١	٤	٥	٥
٢	٢	٢	٦
٣	٨	٣	٨
٤	١٠	٣	٩
٥	٥	٤	٧

ونلاحظ هنا أن أقل وقت للتشغيل على الآلة الأولى وهو ساعتين أقل من أكبر وقت للتشغيل على الآله الثانية وهو خمس ساعات ، أى عدم تحقق الشرط الاول .

إلا أن أقل وقت للتشغيل على الآلة الثالثة يساوى أكبر وقت للتشغيل على الآلة الثانية ، أى تحقق الشرط الثانى ، ولذا يتم تجميع أوقات التشغيل لكل أمر إنتاجى كما فى جدول (٦ — ١٤) .

جدول (٦ — ١٤)

أمر الإنتاج	الآلة (١)َ	الآلة (٢)َ
١	٩	١٠
٢	٤	٨
٣	١١	١١
٤	١٣	١٢
٥	٩	١١

وهنا يكون الحل الامثل للشكلة الجديدة كما يلى ٢ — ٥ — ١ — ٣ — ٤ وتكون أوقات التشغيل الخاصة بالآلات الثلاثة وفقا لهذا الحل الامثل كما فى جدول (٦ — ١٥)

جدول (٦ — ١٥)

أمر الإنتاج	آلة (١)		آلة (٢)		آلة (٣)	
	إبتداء	انتهاء	إبتداء	إنتهاء	إبتداء	إنتهاء
٢	٠	٢	٢	٤	٤	١٠
٥	٢	٧	٧	١١	١١	١٨
١	٧	١١	١١	١٦	١٨	٢٣
٣	١١	١٩	١٩	٢٢	٢٣	٣١
٤	١٩	٢٩	٢٩	٣٢	٣٢	٤١

ويتحدد وقت العطل على الآلة الاول بطرح وقت الانتهاء الخاص بآخر أمر إنتاجى على الآلة الاخيرة ناقص وقت الانتهاء لآخر أمر إنتاجى على الآلة الاولى أى وقت العطل الاولى = ٤١ — ٢٩ = ١٢ وحدة زمن.

ويمكن حساب وقت العطل على الآلة الثانية كما يلى :

وقت العطل على الآلة الثانية = وقت إنتهاء أول أمر إنتاجى على الآلة الأولى

+ مجـ (ن، ك = ٢) [وقت الإبتداء للأمر الإنتاجى ك على الآلة الثانيـة — وقت الإنتهاء للأمر الإنتاجى (ك — ١) على الآلة الثانية]

+ (وقت إنتهاء آخر أمر انتاجى على الآلة الثالثة — وقت انتهاء آخر أمر انتاجى على الآلة الثانية)

= ٢ + (٧ — ٤) + (١١ — ١١) + (١٩ — ١٦) + (٢٩ — ٢٢)
+ (٤١ — ٢٢)
= ٢٤ وحدة زمن

وأخيراً يتم حساب وقت العطل على الآلة الثالثة كما يلى:

وقت العطل على الآلة الثالثة = وقت انتهاء أول أمر انتاجى على الآلة الثانية

+ مجـ (ن، ك = ٢) [وقت الإبتداء للامر الإنتاجى ك على الآلة الثالثة — وقت الإنتهـاء للامر الإنتاجى (ك — ١) على الالة الثالثة]

= ٤ + (١١ — ١٠) + (١٨ — ٨) + (٢٣ — ٢٣)
+ (٢٢ — ٣١)
= ٦ وحدات زمن

٦ — ٣ — ٣ نموذج الترتيب فى حالة وجود م آلة :

فى حالة وجود م آلة ، م > ٢ فعاده مايتم ترتيب الأوامر الإنتاجية وفقاً لقواعد منطقية heuristics دون أن يكون هناك أى دليل على امكانية الوصول إلى الحل الامثل ، وبالتالى أمامك فرصة قد تكون ذهبية لان تصبح

من أكبر المشاهير فى العالم إذا أمكنك التوصل إلى مجموعة القواعد التى تعطى دائماً الحل الأمثل لمثل هذه المشكلة .

وعموما هناك طرق منطقية ولا تعطى بالضرورة الحل الأمثل نبينها فيما يلى :

أولا : خطوات Johnson للحل :

١ — نضع جدول أوامر الإنتاج والأوقات الخاصة بتشغيل كل أمر إنتاجى على كل آلة من الآلات ، مع وضع الآلات فى نفس الترتيب الخاص بالعملية الإنتاجية ، أى الآلة الأولى ثم الثانية ثم الثالثة ... إلى الآلة م .

٢ — نعتبر الآلة الأولى على أنها الآلة (أ) والآلة الأخيرة على أنها الآلة (ب) ، ثم نستخدم قواعد الحل الخاصة بوجود آلتين فقط لترتيب أوامر الانتاج ، مع تحديد وقت التشغيل الكلى وأوقات العطل .

٣ — نجمع وقت التشغيل الخاص بالآلة الأولى والثانية بالنسبة لكل أمر إنتاجى ونعتبره وقت التشغيل للالة (أ) ، وكذا نجمع وقت التشغيل لآخر آلتين ونعتبره وقت التشغيل للالة (ب) ، ثم نستخدم قواعد الحل الخاصة بوجود آلتين فقط لترتيب أوامر الإنتاج ، مع تحديد وقت التشغيل الكلى وأوقات العطل .

٤ — نكرر ما سبق للثلاث آلات الأولى وكذا الثلاث آلات الأخيرة ثم الأربع آلات الأولى والأربع آلات الأخيرة وهكذا حتى نصل إلى (م — ١) آلة الأولى ، الـ (م — ١) آلة الأخيرة ، مع تحديد وقت التشغيل الكلى وأوقات العطل.

٥ — يتم إختيار الترتيب الذى يؤدى إلى أقل وقت للتشغيل وأقل أوقات عطل ، إلا أن هذا الترتيب ليس بالضرورة هو الحل الامثل للمسألة .

والمنطق وراء قواعد الحل هذه هو أن نضع أولا الاوامر الانتاجية التى تحتاج إلى وقت تشغيل قليل عن الآلات الاولى ، على أن نضع أخيراً الاوامر

الانتاجية التى تحتاج إلى وقت تشغيل قليل على الآلات الأخيرة وتؤدى القواعد السابقة إلى حل (م — ١) مسألة وذلك بدلا من | ن ، حيث م تمثل عدد الآلات ، ن تمثل عدد أوامر الانتاج .

ويمكن توضيح ذلك بمثال كما يلى :

٦—٣—٣—١ مثال :

الأمر الانتاجى	آلة (١)	آلة (٢)	آلة (٣)	آلة (٤)	آلة (٥)
١	٤	٣	٧	٢	٨
٢	٣	٧	٢	٨	٥
٣	١	٢	٤	٣	٧
٤	٣	٤	٣	٧	٢
٥	٢	٥	١	٤	٣
المجموع	١٣	٢١	١٧	٢٤	٢٥

وبالتالى نقوم بحل المسائل الاربع التالية :

١ —

أمر إنتاج	آلة (١)	آله (٥)
١	٤	٨
٢	٣	٥
٣	١	٧
٤	٣	٢
٥	٢	٣

ويكون الترتيب ٣ — ٥ — ٢ — ١ — ٤ ، حيث وقت التشغيل الكلى ٢٠٠ وحدة زمن ، ووقت العطل الكلى ١٠٠ وحدة زمن [٢٠٠ ساعة — الوقت الكلى لتشغيل الآلات (١٠٠)] .

٢—

أمر إنتاج	آلة (١)+(٢)	آله (٤)+(٥)
١	٧	١٠
٢	١٠	١٣
٣	٣	١٠
٤	٧	٩
٥	٧	٧

ويكون الترتيب ٣ — ١ — ٤ — ٢ — ٥ ، حيث وقت التشغيل الكلى ٢٠٥ وحدة زمن ، ووقت العطل الكلى ١٠٥ وحدة زمن.

٣—

أمر إنتاج	آلة (١)+(٢)+(٣)	آلة (٣)+(٤)+(٥)
١	١٤	١٧
٢	١٢	١٥
٣	٧	١٤
٤	١٠	١٢
٥	٨	٨

ويكون الترتيب ٣ — ٥ — ٤ — ٢ — ١ ، حيث وقت التشغيل الكلى ٢١٥ وحدة زمن ، ووقت العطل الكلى ١١٥ وحدة زمن.

٤ - أمر إنتاج آلة (١) + (٢) + (٣) + (٤) آلة (٢) + (٣) + (٤) + (٥)

١	١٦	٢٠
٢	٢٠	٢٢
٣	١٠	١٦
٤	١٧	١٦
٥	١٢	١٣

ويكون الترتيب ٣ - ٥ - ١ - ٢ - ٤ ، حيث وقت التشغيل الكلى ١٨٥ وحدة زمن ، ووقت العطل الكلى ٨٥ وحدة زمن .

ويعد الترتيب الأخير هو أفضل الحلول الاربعة السابقة ، إلا أننا لانستطيع القول أنه هو الحل الأمثل لهذه المسأله .

ثانيـاً : خطوات Gupta للحل :

يتم تحديد كسر معين لكل أمر إنتاجى على أن تتخذ قيمة هذا الكسر كأساس الترتيب ، ويتم تحديد قيمة الكسر لكل أمر إنتاجى كما يلى :

١ - إذا كان وقت التشغيل الخاص بالأمر الإنتاجى على الآلة الأولى أكبر من أو يساوى وقت التشغيل على الآلة الاخيرة نضع البسط + ١ بالنسبة لهذا الامر ، وفى غير ذلك نضع - ١

٢ - نحسب أقل مجموع خاص بآلتين متتابعتين وذلك بالنسبة لكل أمر ، أى وقت التشغيل على الآلة ١ ، ٢ أو وقت التشغيل على الآلة ٢ ، ٣ أو ٣ ، ٤ ... وهكذا ، ويكون أقل مجموع هذا بمثابة مقام الكسر .

٣ - يتم ترتيب أوامر الإنتاج إبتداء بأكبر قيمة سالبة وإنتهاء بأكبر قيمة موجبة .

ويمكن توضيح ذلك على المثال السابق كما يلى :

الآلـــــــــة

البسط	أمر الإنتاج	(١)	(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	المقام	قيمة الكسر
−١	١	٤	٣	٧	٢	٨	٧	−١/٧
−١	٢	٣	٧	٢	٨	٥	٩	−١/٩
−١	٣	١	٢	٤	٣	٧	٣	−١/٣
+١	٤	٣	٤	٣	٧	٢	٧	١/٧
−١	٥	٢	٥	١	٤	٣	٥	−١/٥

ويكون الترتيب ٣ ـ ٥ ـ ١ ـ ٢ ـ ٤ حيث وقت التشغيل الكلى ١٨٥ وحدة زمن ، ووقت العطل الكلى ٨٥ وحدة زمن .

ويتمثل المنطق فى طريقة الحل هذه فى أن البسط يحدد الأوامر التى يجب أن تبدأ أولا وتلك التى يجب أن تبدأ مؤخراً ، أما المقام فيعمل على ترتيب الاوامر سواء فى البداية أو فى النهاية وفقاً لمدى طول الوقت اللازم لتنفيذ عمليات تشغيل متتابعة ، فكلما كان مجموع الوقت المتتابع قليلا فإنه يفضل أن نضع الامر الإنتاجى فى أول البداية أو فى آخر النهاية على حسب إشارة البسط .

٦ — ٣ — ٤ ترتيب اوامر الإنتاج فى حالة الإلتزام بمواعيد تسليم محددة Due Dates

سوف نبين فى هذه الفقرة الخطوات الواجب إتباعها فى حالة وجود مواعيد محددة لتسليم الطلبيات ، ونفترض للتبسيط ان جميع اوامر الإنتاج سوف تصنع على آلة واحدة ، فإذا لزم لتصنيع اوامر الإنتاج هذه المرور على عدة آلات فإننا نقوم بتجميع اوقات التشغيل على كل الآلات ونعتبر بذلك ان كل أمر إنتاجى يمر بعملية إنتاجية واحدة ، تحتاج إلى وقت تشغيل يعادل وقت التشغيل على مجموعة الآلات اللازمة لتصنيع امر الإنتاج .

وهنا يوجد طريقتين للعمل ، الأولى تعمل على تقليل عدد الأوامر التى تتعرض للتأخير عن ميعاد التسليم الخاص بها ، والثانية تعمل على تخفيض وقت التأخير الخاص بالأمر الإنتاجى صاحب أكبر وقت تأخير عن ميعاد التسليم ، أى تقليل أكبر وقت للتأخير يمكن أن يتعرض له أى أمر انتاجى ، وبطبيعة الحال سوف يختلف ترتيب الأوامر وفقاً للطريقة الأولى عنه بالنسبة للطريقة الثانية .

٦—٣—٤—١ تقليل عدد الأوامر التى تتعرض للتأخير :

إذا افترضنا توافر أوقات التشغيل وكذا مواعيد التسليم الخاصة بكل أمر إنتاجى ، فإننا نتبع الخطوات التالية حتى نقلل عدد الأوامر التى تتعرض للتأخير .

١ — ترتيب أوامر الإنتاج تصاعديا حسب ميعاد التسليم ، أى نبدأ بالأمر الإنتاجى صاحب أقرب وقت للتسليم ثم الذى يليه وهكذا إلى أن نصل إلى الأمر الإنتاجى صاحب أبعد وقت للتسليم .

٢ — نبدأ من أول أمر إنتاجى حتى نصل إلى أول أمر إنتاجى يتعرض للتأخير عن ميعاد تسليم ، ونجمع الوقت الخاص بهذه الأوامر بما فى ذلك الوقت الخاص بأول أمر إنتاجى يتعرض للتأخير .

٣ — إذا لم يكن هناك أمر إنتاجى يتعرض للتأخير فى الخطوة الثانية نتوقف ونكون بذلك قد وصلنا إلى الحل الأمثل ، وفى غير ذلك ننتقل إلى الخطوة (٤) .

٤ — نبحث عن الأمر الإنتاجى صاحب اكبر وقت للتشغيل وذلك من بين أوامر الإنتاج الأولى حتى أول أمر انتاجى يتعرض للتأخير ، ثم نضع هذا الأمر الإنتاجى فى نهاية جميع الأوامر .

٥ — نعود إلى خطوة (٢) لنعيد العمل بالنسبة لأوامر الإنتاج بعد استبعاد الأوامر الإنتاجية التي توضع في نهاية الترتيب وفقاً للخطوة (٤).

ويمكن توضيح ذلك بمثال فيما يلي :

٦ — ٣ — ٤ — ١ — ١ مثال :

إذا كان لدينا ثمان أوامر إنتاجية وكان الوقت اللازم لتشغيل كل أمر وكذا ميعاد التسليم كما في جدول (٦ — ١٦) .

جدول (٦ — ١٦)

أمر الإنتاج	ميعاد التسليم	وقت التشغيل	وقت إنتهاء التشغيل
١	٥	٤	٤
٢	٨	٣	٧
٣	١٠	٢	٩
٤	١١	٣	١٢*
٥	١٤	٤	١٦*
٦	١٧	٢	١٨*
٧	٢٠	٥	٢٣*
٨	٢١	٣	٢٦*

ويكون أمر الإنتاج رقم (٤) هو بداية الأوامر الإنتاجية التي تتعرض للتأخير عن ميعاد التسليم المحدد إذ يتم تصنيعها بعد ١٢ يوما علماً بأن ميعاد التسليم بعد ١١ يوم فقط .

ولذا ننظر إلى الأوامر الأربعة الأولى فنجد أن أمر الإنتاج رقم (١) هو الأمر صاحب أكبر وقت للتشغيل فيتم ترتيبه في نهاية الأوامر الإنتاجية ،

ثم نبحث عن اول امر إنتاجى يتعرض للتأخير بعد استبعاد امر الإنتاج رقم (١) وذلك كما يلى :

امر الإنتاج	ميعاد التسليم	وقت التشغيل	وقت انتهاء التشغيل
٢	٨	٣	٣
٣	١٠	٢	٥
٤	١١	٣	٨
٥	١٤	٤	١٢
٦	١٧	٢	١٤
٧	٢٠	٥	١٩
٨	٢١	٣	٢٢*
١٠	٥	٤	٢٦*

ويكون الأمر الإنتاجى رقم (٨) هو بداية الأوامر الإنتاجية التى تتعرض للتأخير عن ميعاد التسليم المحدد ، ولذا ننظر إلى وقت التشغيل لأوامر الإنتاج رقم (٢) حتى رقم (٨) فنجد أن اكبر وقت التشغيل خاص بأمر الإنتاج رقم (٧) ولذا يتم ترتيبه فى نهاية الأوامر الإنتاجية .

نبحث عن اول امر إنتاجى يتعرض للتأخير بعد إستبعاد امر (١) ، (٧) كما يلى :

أمر الإنتاج	ميعاد التسليم	وقت التشغيل	وقت انتهاء التشغيل
٢	٨	٣	٣
٣	١٠	٢	٥
٤	١١	٣	٨
٥	١٤	٤	١٢
٦	١٧	٢	١٤
٨	٢١	٣	١٧
١	٥	٤	٢١*
٧	٢٠	٥	٢٦*

ونجد هنا أن أوامر الإنتاج رقم (٢) حتى رقم (٨) يتم تنفيذها دون أدنى تأخير فى مواعيد التسليم فنكون بذلك قد وصلنا إلى الحل الأمثل ، ويكون الترتيب السابق هو الترتيب الامثل الذى يقلل عدد الاوامر التى تتعرض للتأخير. إذ نجد أن هناك أمران للإنتاج يتعرضان فقط للتأخير. بدلا من خمسة اوامر إنتاجية تتعرض للتأخير وفقاً للترتيب التصاعدى حسب مواعيد التسليم.

إلا أننا نلاحظ أن ايام التأخير للأمر الإنتاجى السابع والاول هى ٦ ايام و ١٦ يوم على التوالى أى مجموع ايام التأخير ٢٢ يوم وذلك مقابل ١٢ يوم تأخير فقط للترتيب التصاعدى لأوامر الإنتاج حسب مواعيد التسليم.

٦—٣— ٤ — ٢ تقليل اكبر وقت للتأخير :

يتم الوصول إلى الحل الامثل الذى يقلل أكبر وقت للتأخير عن طريق ترتيب أوامر الإنتاج تصاعديا حسب مواعيد التسليم. وعلى هذا الاساس يكون الترتيب التصاعدى فى المثال السابق هو الحل الامثل فى هذه الحالة ، إذ رغم تأخير خمسة أوامر إنتاجية إلا أن أكبر وقت للتأخير وهو الخاص بأمر الإنتاج رقم (٨) هو خمسة ايام فقط ، كما ان مجموع ايام التأخير هى ١٢ يوماً فقط بدلا من ٢٢ يوماً وفقاً للترتيب السابق.

وهنا يواجه المدير الاختيار ما بين الموقفين السابقين وهو عدم إرضاء خمسة عملاء ولكن لمدد تأخير بسيطة أو عدم إرضاء عميلين فقط ولكن لمدد تأخير كبيرة لكل عميل .

وإذا إنتقلنا إلى الحياة العملية فعادة لا يتم الترتيب وفقاً للطريقتين إذ عادة ما يتم وضع الأمر الإنتاجى الخاص بالعميل صاحب الصوت الأعلى والشكوى المستمرة أولا ، إلا أن إرتفاع صوت العميل وكثرة شكواه إلى حد إزعاج إدارة الإنتاج قد يؤدى إلى عدم التعامل مع العميل بالمرة .

٦-٣-٥ تقليل وقت الإنتظار :

نفترض فى هذه الحالة أنه مطلوب تسليم كل الأوامر الإنتاجية الآن ، وذلك كما هو الحال عندما يطلب مدير الأقسام من سكرتيرته الخاصة كتابة ٥ خطابات الآن،أوعندما يطلب من مركز حاسب آلى تشغيل مجموعة برامج فوراً .

ويوجد طريقتان لترتيب الأوامر الإنتاجية بالشكل الذى يؤدى إلى تقليل الوقت الكلى لتشغيل الأوامر وكذا الوقت الكلى للإنتظار ، وتتوقف هتان الطريقتان على ما إذا كان هناك أولويات تعكس الأهمية النسبية للأوامر الإنتاجية أم لا . ويمكن بيان طريقتى الترتيب فيما يلى :

٦-٣-٥-١ حالة عدم وجود أولويات لأوامر الإنتاج :

يتم الوصول إلى الحل الأمثل فى هذه الحالة عن طريق ترتيب أوامر الإنتاج تصاعدياً حسب الوقت اللازم لتشغيل كل أمر ، ويمكن توضيح ذلك على بيانات المثال السابق كما يلى :

امر الإنتاج	وقت التشغيل	مجموع اوقات التشغيل	وقت الإنتظار
٣	٢	٢	٠
٦	٢	٤	٢
٢	٣	٧	٤
٤	٣	١٠	٧
٨	٣	١٣	١٠
١	٤	١٧	١٣
٥	٤	٢١	١٧
٧	٥	٢٦	٢١
			٧٤

ويكون وقت الإنتظار الكلى ٧٤ يوماً , وذلك اقل من وقت الإنتظار وفقاً للترتيب الموجود اصلا وهو ١ ، ٢ ، ..... ، ٨ ، حيث نجد ان وقت الإنتظار فى هذه الحالة الاخير ٨٩ وذلك كما يلى :

امر الإنتاج	وقت التشغيل	مجموع اوقات التشغيل	وقت الإنتظار
١	٤	٤	٠
٢	٣	٧	٤
٣	٢	٩	٧
٤	٣	١٢	٩
٥	٤	١٦	١٢
٦	٢	١٨	١٦
٧	٥	٢٣	١٨
٨	٣	٢٦	٢٣
			٨٩

٦-٣-٥-٢ فى حالة وجود أولويات تعكس الاهمية النسبية لاوامر الإنتاج :

كثيراً ما يتم وضع أولويات معينة لأوامر الإنتاج تعكس أهميتها النسبية ، وذلك كما هو شائع مثلا فى مراكز الحاسبات الآلية . وتتوقف طريقة الترتيب فى هذه الحالة على ما إذا كان زيادة رقم الاولوية يعنى زيادة فى الاهمية النسبية ، أى ان امر إنتاجى له اولوية ٥ مثلا يعد اهم نسبياً من امر إنتاجى له اولوية ٣ ، إذ فى هذه الحالة يتم ترتيب اوامر الإنتاج حسب النسبة الخاصة بوقت التشغيل إلى رقم الاولوية لهذا الامر ، إذ يتم وضع أوامر الإنتاج ذات النسبة الأقل أولا ، وعلى العكس من ذلك إذا كان رقم الالوية (١) يعنى أن أمر الإنتاج أعلى فى الاهمية من تلك الاوامر ذات أولوية ٢ أو ٣ ... إلخ ، فى هذه الحالة يتم ترتيب اوامر الإنتاج على حسب حاصل ضرب وقت التشغيل لكل امر إنتاجى فى رقم اولويته إذ يتم وضع امر الإنتاج صاحب اقل حاصل ضرب اولا وهكذا تصاعدياً إلى ان نصل إلى امر الإنتاج صاحب اكبر حاصل ضرب ، ويمكن توضيح ذلك على المثال السابق بعد إضافة اولويات كما يلى :

الحالة الاولى (زيادة رقم الاولوية تعنى زيادة الاهمية)

امر الإنتاج	وقت التشغيل	الاولوية	النسبة
١	٤	٦	٢/٣
٢	٣	٥	٣/٥
٣	٢	١٠	١/٥
٤	٣	٩	١/٣
٥	٤	٨	١/٢
٦	٢	٢	١
٧	٥	٤	٥/٤
٨	٣	٦	١/٢

ويكون الترتيب الامثل هو ٣-٤-٨-٥-٢-١-٦-٧ .

الحالة الثانية (نقص الرقم يعنى زيادة الاولوية)

أمر الإنتاج	وقت التشغيل	الاولوية	حاصل الضرب
١	٤	٦	٢٤
٢	٣	٥	١٥
٣	٢	١٠	٢٠
٤	٣	٩	٢٧
٥	٤	٨	٣٢
٦	٢	٢	٤
٧	٥	٤	٢٠
٨	٣	٦	١٨

ويكون الترتيب الأمثل هو ٦ – ٢ –٨ –٣ –٧ – ١ – ٤ – ٥ .

وهنا إذا لم يرضى الترتيب السابق مدير الانتاج دل ذلك على الحاجة إلى تغيير الأولويات الموضوعة ، إذ يجب تغيير هذه الاولويات كما يراها مدير الإنتاج حتى نصل إلى الترتيب الذى يعكس الاهمية النسبية لهذه الاوامر الانتاجية.

٦ –٣ – ٦ نموذج التخصيص Assignement Model

تهتم مشكلة التخصيص بتوزيع عدد معين من الاعمال وليكن م على عدد معين من الالات وليكن ن آلة علماً بأن المشروع يتحمل تكلفة $س_{م ن}$ عند تخصيص العمل م ، على الآلة ن ؛ م = ١ ، ٢ ، ... ، م ؛ ن = ١ ، ٢ ، ... ،ن . وهنا تتم عملية التخصيص بشرط مراعاة مايلى :

. أن يخصص كل عمل لآلة واحدة فقط .

. ان يتم التخصيص بحيث تكون دالة الهدف اقصى ما يمكن (فى حالة تعظيم الربح) او اقل مايمكن وهى الحالة الغالبة (فى حالة تدنية النفقات) .

وفى حالة عدم رغبة تخصيص عمل معين لآلة معينة كإستحالة تحقيق ذلك عمليا أو لأى أسباب أخرى فنية ، فإنه يمكن افتراض تكلفة تشغيل عالية جداً لهذه الحالية المقابلة أى نفترض أن $ر_{م ه} = ل$ حيث $ل$ تمثل اعلى قيمة موجبة.

ويلزم لحل مشكلة التخصيص تحقيق التوازن بين الآلات والأعمال الامر الذى يقتضى إضافة آلات وهمية أو أعمال وهمية على ان تكون التكلفة $ر_{م ه}$ المقابلة فى هذه الحالة مساوية للصفر ، وعلى هذا الاساس يمكن افتراض ان $م = ن$ وبذا يكون النموذج الرياضى كما يلى :

$$\text{تدنية } ح = \sum_{م=1}^{ن} \sum_{ه=1}^{ن} ر_{م ه}\ س_{م ه}$$

تحت قيود

$$\sum_{ه=1}^{ن} س_{م ه} = 1 \qquad ، م = 1 ، 2 ، \ldots ، ن$$

$$\sum_{م=1}^{ن} س_{م ه} = 1 \qquad ، ه = 1 ، \ldots ، ن$$

$$، س_{م ه} = 0 \text{ أو } 1$$

حيث ان $س_{م ه}$ تساوى صفر إذا لم يتم تخصيص العمل $م$ على الآلة $ه$ وتساوى واحد صحيح إذا ماتم هذا التخصيص .

ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى :

٦—٣—٦—١ مثال :

نفرض ان لدينا ثلاث اعمال وكذا ثلاث آلات وكان جدول التكلفة كما يلى :

م \ ن	٢	٢	٣	$a_م$
١	٥ ، ١	٧	٩	١
٢	١٤	١٠ ، ١	١٢	١
٣	١٥	١٣	١٦ ، ١	١
$ب_ن$	١	١	١	

ونصل إلى حل مبدئى ممكن بوضع $س_{١١} = س_{٢٢} = س_{٣٣} = ١$ ، إلا أن هذا الحل ليس بالضرورة هو الحل الأمثل . وهنا نستخدم أسلوب التخصيص للوصول إلى هذا الحل الأمثل.

وتقوم هذه الطريقة على أساس أن إضافة أو طرح مقدار ثابت إلى أى صف أو عمود فى مصفوفة التكلفة لن يؤدى إلى تغيير الحل الأمثل، إذ لو تم طرح الكمية $ك_م$ من كل صف م ، م = ١ ، ٢ ، ... ، ن وكذا الكمية $ل_ن$ من كل عمود ن ، ن = ١ ، ٢ ، ... ، ن فإن التكلفة الجديدة

$$ر'_{من} = ر_{من} - ك_م - ل_ن$$

وتكون دالة الهدف

$$ح' = \sum_{م=١}^{ن} \sum_{ن=١}^{ن} ر'_{من} س_{من}$$

$$\therefore\ \text{ح}' = \sum_{\text{م}=1}^{\text{ن}} \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} (\text{ر}_{\text{مه}} - \text{ك}_{\text{م}} - \text{ل}_{\text{ه}})\ \text{س}_{\text{مه}}$$

$$= \sum_{\text{م}=1}^{\text{ن}} \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{ر}_{\text{مه}}\ \text{س}_{\text{مه}}$$

$$- \sum_{\text{م}=1}^{\text{ن}} \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{ك}_{\text{م}}\ \text{س}_{\text{مه}}$$

$$- \sum_{\text{م}=1}^{\text{ن}} \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{ل}_{\text{ه}}\ \text{س}_{\text{مه}}$$

$$= \text{ح} - \sum_{\text{م}=1}^{\text{ن}} \text{ك}_{\text{م}} \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{\text{مه}}$$

$$- \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{ل}_{\text{ه}} \sum_{\text{م}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{\text{مه}}$$

$$= \text{ح} - \sum_{\text{م}=1}^{\text{ن}} \text{ك}_{\text{م}} - \sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{ل}_{\text{ه}}$$

حيث أن $\sum_{\text{ه}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{\text{مه}} = \sum_{\text{م}=1}^{\text{ن}} \text{س}_{\text{مه}} = 1$

$\therefore$ ح َ = ح — مقدار ثابت

وعلى هذا الأساس أن محاولة الوصول إلى اقل قيمة لـ ح َ يؤدى إلى الوصول إلى اقل قيمة لـ ح .

وعلى هذا الأساس إذا امكن خلق مصفوفة تكافة جديدة تحتوى على مجموعة من العناصر الصفرية zero entries ، وامكن تخصيص الأوامر او الاعمال على الآلات بإستخدام هذه العناصر الصفرية ، فإننا نصل إلى الحل الممكن الذى يحقق اقل النفقات . ويتم تحقيق ذلك وفقاً لخطوات الحل التالية .

خطوات الحل:

١ — نختار اقل قيمة فى كل صف ونطرحها من قيم هذا الصف ، وبإجراء ذلك على مصفوفة التكاليف فى المثال السابق نصل إلى مصفوفة التكاليف التالية:

	١	٢	٣	
١	٠	٢	٤	ل١ = ٥
٢	٤	٠	٢	ل٢ = ١٠
٣	٢	٠	٣	ل٣ = ١٢

٢ — نختار أقل قيمة فى كل عمود ونطرحها من قيم هـذا العمود ، وبذا تصبح مصفوفة التكلفة فى المثال السابق كما يلى :

	١	٢	٣	
١	[٠]	٢	٢	ل١ = ٥
٢	٤	٠	[٠]	ل٢ = ١٠
٣	٢	[٠]	١	ل٣ = ١٣
	ل١ = ٠	ل٢ = ٠	ل٣ = ٢	

٣ — نختبر الصفوف فإذا كانت بالصف صفر وحيد نخصصه ونشطب باقى أصفار العمود ، وكذا نختبر الأعمدة فإذا كان بالعمود صفر وحيد نخصصه ونشطب باقى أصفار الصف .

ونصل إلى الحل الأمثل إذا ماتم تخصيص كل أمر إنتاجى على آلة معينة كما هو الحال فى هذا المثال حيث نجد ان الحل الأمثل هو :

(١،١) ، (٢،٣) ، (٣،٢)

وتكون تكلفة الحل ح = ٣٠ (٥ + ١٢ + ١٣ = ٣٠)

ونلاحظ هنا ان $ح = ح' + \sum_{م=1}^{ن} ك_{م} + \sum_{ن=1}^{ن} ل_{ن}$

$$٣٠ = ٠ + (٥ + ١٠ + ١٣) + ٢$$

إلا أنه فى أحوال اخرى قد لا تكفى الخطوات السابقة للوصول إلى الحل الأمثل وذلك كما فى المثال التالى :

٦ — ٣ — ٦ — ٢ مثال :

إذا كانت التكلفة الخاصة بتخصيص ٤ اوامر إنتاج على كل آلة من الآلات الأربع المتاحة فى مشروع ما كما يلى :

	١	٢	٣	٤
١	١	٤	٦	٣
٢	٨	٥	١٠	٩
٣	٤	٥	١١	٧
٤	٦	٧	٨	٥

وبتطبيق خطوات الحل السابقة نصل إلى الجدول التالى للتكلفة

	١	٢	٣	٤	
١	٠	٣	٢	٢	$ك_{١} = ١$
٢	١	٠	٠	٢	$ك_{٢} = ٧$
٣	٠	١	٤	٣	$ك_{٣} = ٤$
٤	١	٢	٠	٠	$ك_{٤} = ٥$
			$ل_{٣} = ٣$		

ويتضح من الجدول السابق عدم إمكانية تخصيص كل أمر إنتاجى على آلة محددة ، لذا نتبع فى هذه الحالة الخطوات التكميلية التالية .

٤ — بعد تغطية الأصفار بأقل عدد ممكن من الخطوط الأفقية والرأسية وذلك كما فى الخطوة (٣) ، يتم إختيار أقل قيمة غير مغطاة بخطوط (وهى (١) فى المثال السابق) ، ثم يتم طرحها من العناصر الغير مغطاة بخطوط على أن تضاف إلى العناصر المغطاة بخطين ، إذ نضمن بذلك خلق صفر واحد جديد على الأقل .

ويرجع عدم طرح هذه القيمة الأقل من العناصر المغطاة بخط وحيد إلى تفادى خلق قيم سالبة وذلك فى حالة الطرح من القيم الصفرية الموجودة فى الصف أو العمود المغطى بخط وحيد ، كما أننا فى غير حاجة إلى خلق صفر جديد فى صف أو عمود به صفر أو أكثر ، حتى لا نخلق فى نفس الصف أو العمود أصفار لاتتساوى من حيث الكفاءة مع الأصفار الموجودة سابقاً ، إذ يجب أن نخلق الأصفار الجديدة فى أحد الخلايا الغير مغطاة كمحاولة لإضافة أحسن خلايا يمكن أن يوجد بها حل أمثل إلى مجموعة الخلايا السابق تحديدها فعلا ، اما إضافة هذه القيمة الاقل إلى العناصر المغطاة بخطين فيرجع ذلك إلى الرغبة فى إبعاد هذه العناصر وتفادى تحويلها إلى عناصر صفرية فى جداول مستقبلة وذلك نظراً لأن هذه العناصر واقعة فى صف به أصفار وكذا عمود به أصفار ، فهى ليست بالخلية المفضلة إذا ما نظرنا إلى الصفوف أو الأعمدة ولذا يجب إبعادها عن الحل الامثل وبهذا يصبح جدول التكلفة الجديد كما يلى :

	١	٢	٣	٤	
١	٠	٢	١	١	$ل_1 = ١$
٢	٢	٠	٠	٢	$ل_2 = ٧$
٣	٠	٠	٣	٢	$ل_3 = ٤$
٤	٢	٢	٠	٠	$ل_4 = ٥$
		$ل_2 = ١$	$ل_3 = ٣$		

ويكون هذا هو الحل الأمثل وتكلفته = ١ + ٥ + ١٠ + ٥ = ٢١

ونلاحظ ان $ح' = ح - \sum_{م=1}^{ن} ل_م - \sum_{ه=1}^{ن} ل_ه$

اى ان ٠ = ح − (١ + ٧ + ٤ + ٥) − (١ + ٣)

∴ ح = ١٧ + ٤ = ٢١

وفى حالة عدم الوصول إلى الحل الامثل نكرر الخطوات السابقة حتى نصل إلى الحل الامثل للمشكلة محل البحث .

ونلاحظ ان الحل ينتهى فى بعض المسائل إلى وجود عدة بدائل يمكن إختيار اى منها لتمثيل الحل الامثل وذلك كما فى المثال التالى :

٦—٣—٦—٣ مثال :

المطلوب تخصيص أربع اعمال على اربع آلات وكانت تكلفة التشغيل كما يلى :

	١	٢	٣	٤
١	٨	٩	٧	١٢
٢	١٠	١٥	٥	١٣
٣	٢	٦	٨	٤
٤	١٠	٨	٧	٩

١ — نختار أقل قيمة فى كل صف ونطرحها من قيم هذا الصف ليصبح الجدول كما يلى :

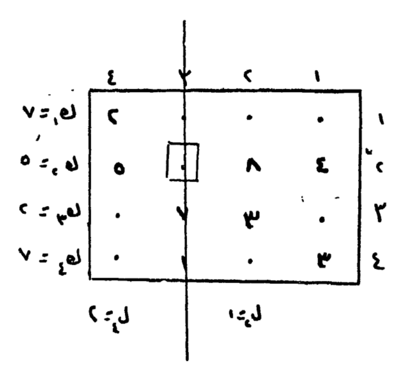
	١	٢	٣	٤	
١	١	٢	٠	٥	ل١ = ٧
٢	٥	١٠	٠	٨	ل٢ = ٥
٣	٠	٤	٦	٢	ل٣ = ٢
٤	٣	١	٠	٢	ل٤ = ٧

٢ — نختار أقل قيمة فى كل عمود ونطرحها من قيم العمود .

٣ — نختبر الصفوف والاعمدة وهنا نجد ان الاصفار لاتكفى لإيجاد حل ممكن بإستخدام مجموعة الاصفار المتاحة .

	١	٢	٣	٤	
١	١	١	٠	٣	ل١ = ٧
٢	٥	٩	٠	٦	ل٢ = ٥
٣		٣	٦	٠	ل٣ = ٢
٤	٣	٠	٠	٠	ل٤ = ٧
		ك٢ = ١		ك٤ = ٢	

٤ ــ بعد تغطية الاصفار بأقل عدد ممكن من الخطوط كما فى الجدول السابق وذلك نتيجة تطبيق خطوة (٣) نختار اقل قيمة غير مغطاه بخطوط ونطرحها من القيم الغير مغطاه ولضيفها على القيم المغطاه بخطين فيصبح الجدول الجديد كما يلى :



وهنا نجد صعوبة فى تخصيص الاوامر على الآلات وذلك بسبب وجود اكثر من صفر فى الصف او العمود المختبر ، إذ تؤدى عمليات الاختبار وفقاً للخطوة (٣) إلى تخصيص امر الإنتاج الثانى على الآلة الثالثة فقط دون إمكانية تخصيص باقى اوامر الإنتاج ، رغم وجود مجموعة من الاصفار الغير مخصصة ولذا إذا ماتم تطبيق الخطوات السابقة وانتهى الامر إلى عدم التخصيص الكامل رغم وجود اصفار غير مخصصة فإننا نستكمل عملية التخصيص كما يلى :

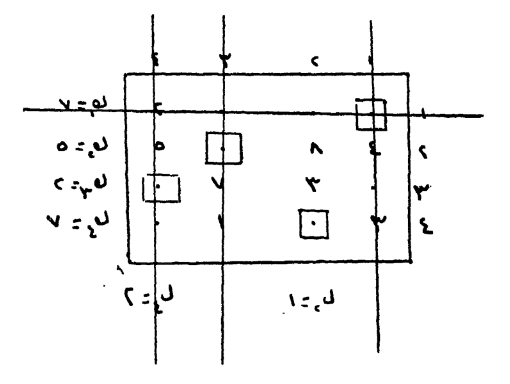
ــ نختبر الصفوف فإذا كان هناك صفر وحيد نخصصه ونشطب باقى اصفار

العمود ، اما إذا كان هناك اكثر من صفر كان معنى ذلك وجود اكثر من حل وحيد وهنا نختار احد هـــذه الاصفار ثم يتم شطب باقى اصفار الصف والعمود معاً .

ـــ ثم نختبر الاعمدة فإذا كان هناك صفر وحيد نخصصه ونشطب باقى اصفار الصف اما إذا كان هناك اكثر من صفر نختار احد الاصفار ونشطب باقى اصفار الصف والعمود معاً .

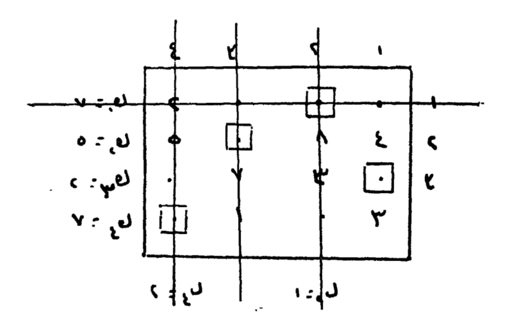
وبتطبيق الخطوات السابقة نصل إلى اى من الحليين التاليين :

الحـــــل الاول :



ويكون الحل (١ ، ١) ، (٢ ، ٣) ، (٣ ، ٤) ، (٤ ، ٢) وتكلفة الحل = ٨ + ٥ + ٤ + ٨ = ٢٥

الحـــل الثانى:



ويكون الحـل (١ ، ٢) ، (٢ ، ٣) ، (٣ ، ١) ، (٤ ، ٤) وتـكلفة الحل = ٩ + ٥ + ٣ + ٦ = ٢٥

الفصل السابع

نماذج المخزون

٧ — ١ مقـــدمة :

أن أحد الأهداف الرئيسية لإدارة الإنتاج هـــو القيام بالنشاط الإنتاجى بسهولة ويسر وتجنب حدوث أى أزمات يمكن أن تعطل سير الإنتاج أو توقفه، ويتم تحقيق ذلك بإستغلال الآلات والمعدات الإنتاجية المتاحة لديها إستغلالا أمثلا وتفادى تعطيل هـذه الامكانيات تجنباً للتكلفة العالية التى قـد تنتج تبعاً لذلك ، ويمكن للإدارة تحقيق هذا الاستغلال الأمثل للآلات والمعدات عن طريق اللجوء إلى التخزين ، إذ أن توافر المواد الخام والمهمات اللازمة للإنتاج يمكن الإدارة من مواجهة حـالات التأخير فى التوريد وييسر عملية أستخدام المعدات وإتمام العملية الإنتاجية .

كما أنه من ناحية أخرى يؤدى تخزين منتجات نهائية إلى تلبية رغبات المستهلك بالحصول على السلعة فى الوقت المناسب خاصة إذا ما قرر المشروع الإنتاج بمعدل ثابت ومستمر خلال العام ، فى هذه الحالة يقوم المشروع بتخزين فائض الإنتاج فى شهور الكساد مع تلبية الطلب الزائد فى المواسم الخاصة بالمشروع .

ومن ثم يمكننا القول بأن إحتفاظ المشروع بمخزون يحقق له إستقراراً فى عمليات الانتاج والتسويق ويجعلها بمنأى عن المخاطر التى قد تحدث نتيجة عـدم إنتظام عمليات التوريد أو الانتاج فهو بمثابة عازل يحمى النشاط الانتاجى والتسويق معا ويقيهما الآثار المترتبة على مثل هذه المخاطر التى تكلف المشروع الكثير .

وقد تدفعنا الأسباب السابقة إلى القول بضرورة الاحتفاظ بمخزون وبكميات وفيرة دائماً ، إلا أن هناك جانب آخر لهذا الموضوع له نفس الأهمية أيضا ، إذ يعنى المخزون وجود جانب من رأس المال مستثمر فى صوره مواد خام أو مهمات أو سلع تامة الصنع وبالتالى يضيع على المشروع إمكانية إستثمار هذه الأموال فى فرص أخرى بديلة ، كما يقتضى المخزون توافر مساحات كافية من مبانى المشروع وتحمل تكاليف خاصة بالتأمين ، وإحتمالات التلف والبوار وغيرها من المصاريف التى ترتبط بعملية التخزين .

ولذا تظهر الحاجة إلى تحديد الكميات الواجب تخزينها بما يحقق المزايا المتوقعة من وراء وجود مخزون كاف من ناحية مع تجنب المشاكل والتكاليف التى تنجم من زيادة المخزون من ناحية أخرى ، ولتحديد هذا القدر الأمثل للمخزون يتم إستخدام بعض النماذج الرياضية والتى تختلف فيما بينها فى الفروض التى بنى على أساسها كل نموذج ، إذ كلما أسقطنا جانب من هذه الفروض كلما تعقد النموذج الرياضى المستخدم ، وسوف نقوم فيما يلى بإستعراض جانب من هذه النماذج الرياضية المستخدمة فى الكمية الاقتصادية للشراء وبالتالى تحديد الكمية المثلى للمخزون .

٧ — ٢ تحديد الكمية الاقتصادية للطلب (نموذج Wilson) :

إن أبسط النماذج التى تعالج تحديد الكمية الاقتصادية للطلب هو نموذج wilson والذى يقوم على الافتراضات التالية :

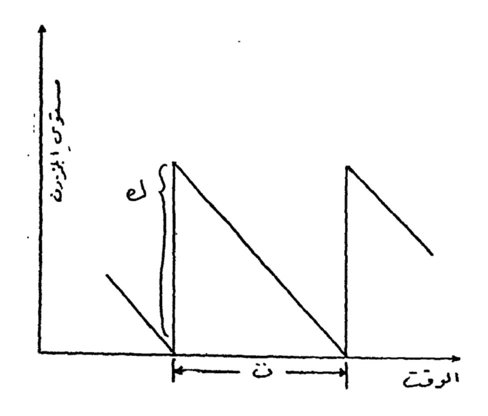
١ — أن هناك طلب ثابت المقدار ومعلوم مقدما : إذ يفترض هذا النموذج أن الكمية المطلوبة كل يوم متساويه ومعروفة مقدما خلال العام ، ولا شك أن هذا الفرض يؤدى إلى تبسيط النموذج بشكل كبير .

٢ — عدم وجود خصم للكمية : أى أن سعر شراء الوحدة سيظل ثابته بغض النظر عن الكمية المطلوب شراؤها .

٣ — عدم السماح بنفاذ المخزون : إذ تصل المواد المخزونة عند وقت إنتهاء المخزون .

٤ — ثبات فترة التوريد : إذ يفترض ثبات الوقت اللازم بين إصدار أمر التوريد والإستلام الفعلى للمخزون .

فإذا توافرت الكمية ك فى أول المده فإن حجم المخزون يتناقص بالإستخدام خلال الفترة ت ، الأمر الذى يؤدى إلى تكرار الطلب (أو الإنتاج) للكمية ك ثم إستخدامها خلال الفترة ت وهكذا كما هو موضح فى شكل رقم (٧ — ١) .



شكل رقم (٧ — ١)

ويمكن تقسيم التكلفه الخاصة بالتخزين إلى نوعين من التكلفة .

١ - تكلفة إعادة الطلب (أو تكلفة تجهيز المصنع للإنتاج) : وهذه التكلفة لا تتغير بتغير حجم الكمية المطلوبة أو المراد إنتاجها وتتمثل هذه التكلفة فى تكلفة الطلب فى حالة الشراء Ordering Costs أو تكلفة التجهيز فى حالة الإنتاج Sstup Costs .

٢ - التكلفة المتوسطة للاحتفاظ بالوحدات المخزونة: وتتحدد هذه التكلفة بالنسبة لكل وحدة مخزونة خلال فترة زمنية معينة ، ولذا فإن هذه التكلفة تتوقف على عدد الوحدات المخزونة من ناحية وعلى مدة التخزين من ناحية أخرى .

وتكون التكلفة السنوية للتخزين هى حاصل جمع النوعين السابقين من التكلفة .

فإذا افتراضنا

ك = الكمية المطلوب شراؤها أو إنتاجها فى كل مرة

ط = الطلب السنوى المتوقع

س = تكلفة إعداد الطلبية أو تكلفة التجهيز

س١ = التكلفة السنوية للاحتفاظ بوحدة مخزونه

$\frac{ك}{٢}$ = متوسط المخزون

ع = $\frac{ط}{ك}$ عدد مرات الشراء خلال العام

ت س ط = التكلفة السنوية لإعادة الطلب

$$= س_{ع} = س_{ط} \cdot \frac{ط}{ك}$$

ت س م = التكلفة السنوية للاحتفاظ بالمخزون

$$= س_{م} \left(\frac{ك}{٢} \right)$$

ت س م. = تكلفة التخزين السنوية

= ت س ط + ت س م

ت س = التكلفة السنوية لشراء أو إنتاج المواد ثم تخزينها

= ت س م. + تكلفة الشراء أو تكلفة الإنتاج

ك * = الكمية الإقتصادية للطلب وهى قيمة ك التى تكون عندها تكلفة التخزين السنوية ت س م. أقل ما يمكن .

ويمكن توضيح العلاقة بين عناصر التكلفة المختلفة كما فى المثال التالى :

٧ — ٢ — ١ مثال :

إذا توافرت البيانات التالية لأحد المشروعات .

ط = ٦٠٠ وحدة سنويا

$س_{ط}$ = ١٠٠ جنيها

$س_{م}$ = ٢٥, جنيها للوحـــــدة فى الشهر (أى ٢٥, × ١٢ = ٣ جنيهات للوحدة فى العام)

وتعمل الإدارة هنا على تقليل عناصر التكلفة عند تحديد الكمية الواجب شراؤها فى كل مرة ، فإذا إهتمت الإدارة بتخفيض تكاليف إعادة الطلب إلى

أقل حد ممكن ، كان معنى ذلك تحرير أمر شراء واحد خلال العام وبذا تكون عناصر التكلفة كما يلي :

ت س ط = ١٠٠ جنيها

$$ت س م = س_{١} \left(\frac{ك}{٢} \right)$$

$$= ٠,٢٥ \times ١٢ \times \frac{٦٠٠}{٢} = ٩٠٠ \text{ جنيها}$$

∴ ت س م. = ١٠٠ + ٩٠٠ = ١٠٠٠ جنيها

ويتبين مما سبق أن تخفيض تكاليف إعادة الطلب إلى أقل حد قد يؤدي إلى زيادة متوسط التكلفة السنوية للاحتفاظ بالمخزون بشكل كبير .

وعلى العكس إذا حاولت الإدارة تخفيض تكلفة الاحتفاظ بالمخزون وذلك بتكرار الطلب شهريا ، الأمر الذي يؤدي إلى تقليل المخزون ، فإن عناصر التكلفة تصبح كما يلي :

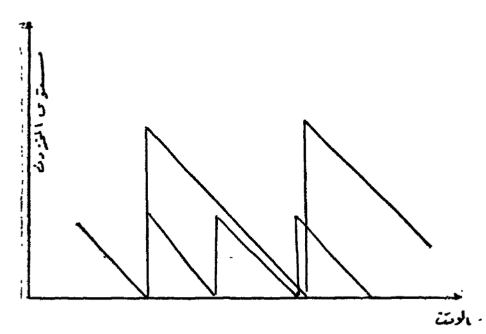
ت س ط = ١٠٠ × ١٢ = ١٢٠٠ جنيها

$$ت س م = ٠,٢٥ \times \frac{٥٠}{٢} = ٧٥ \text{ جنيها}$$

ت س م. = ١٢٠٠ + ٧٥ = ١٢٧٥ جنيها

وهنا نجد إنخفاض كبير في متوسط التكلفة السنوية للاحتفاظ بالمخزون ، إلا أنه في مقابل ذلك هناك زيادة كبيرة في التكلفة السنوية لإعادة الطلب .

ويمكن توضيح كلا الحالتين السابقتين في شكل رقم (٧-٢)



شكل رقم (٧—٢)

ويمكن للإدارة حساب التكلفة السنوية للتخزين ت س م. لكل قيمة من قيم ك حتى نصل إلى قيمة كَ التى تحقق العلاقة

ت س م. (كَ) > ت س م. (كَ — ١)

فتكون ك * = كَ — ١

ولاشك أن تحقيق ذلك يتطلب عدة محاولات حسابيه كبيرة ، وفى المثاله السابق نجد أن ك * = ٢٠٠ وحدة أى يتم إعادة الطلب ٣ مرات سنويا وتكونه عناصر التكلفة .

ت س ط = ١٠٠ × ٣ = ٣٠٠ جنيها

ت س م = ٢٥, × ١٢ × ٢٠٠ / ٢ = ٣٠٠ جنيها

ت س م. = ٣٠٠ + ٣٠٠ = ٦٠٠ جنيها

وقد نجد أن العدد الأمثل لمرات الشراء ليس عددا صحيحا الأمر الذى يؤدى إلى تعديل طفيف فى توقيت إصدار أمر الشراء ، ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى:

٧-٢-٢ مثال :

يتنبأ مصنع صغير لإنتاج الأثاث بإمكانية إنتاج ١٥٠٠ حجرة خلال العام (ط = ١٥٠٠) وكانت تكلفة الخامات اللازمة لإنتاج الوحدة ٤٨ ج . فاذا افترضنا أن الإنتاج يتم بمعدل ثابت خلال أيام العمل السنوية والتى تقدر بـ ٣٠٠ يوماً سنوياً . كما أن التكلفة السنوية اللازمة للاحتفاظ بالمواد الخام واللازمة لإنتاج الحجرة تمثل ٢٢٪ من تكلفة هذه الخامات ، كذلك تقدر تكلفه إعداد أمر الشراء بـ ٢٥ جنيهاً ، كما أن مدة التوريد تقدر بـ ٧ أيام .

المطلوب : تحديد عدد الحجرات التى تمثل عندها عدد الوحدات الخام اللازمة لإنتاجها الكمية الإقتصادية للشراء ؟

الحل :

$$س_و = ٤٨ \times \frac{٢٢}{١٠٠} = ١٠,٥٦ \text{ جنيهاً}$$

$$س_ب = ٢٥ \text{ جنيهاً .}$$

$$ت س ط (ك) = ٢٥ \times \frac{١٥٠٠}{ك}$$

$$ت س م (ك) = ١٠,٥٦ \times \frac{ك}{٢}$$

ولتحديد قيمة ك التى عندها تكون التكلفة أقل ما يمكن نجرى مجموعة من المحاولات كما هو موضح فى الجدول التالى:

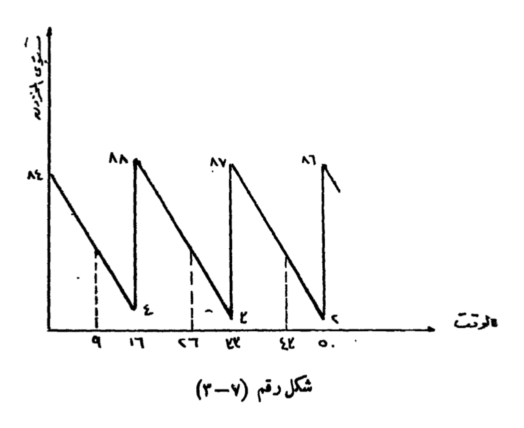
ك	ت س م
٨٠	٨٩١,١٥
٨١	٨٩٠,٦٤
٨٢	٨٩٠,٢٨
٨٣	٨٩٠,٠٥
٨٤	٨٨٩,٩٥ ← ك* = ٨٤
٨٥	٨٨٩,٩٨
٨٦	٨٩٠,١٣
٨٧	٨٩٠,٣٩
٨٨	٨٩٠,٧٨
٨٩	٨٩١,٢٧
٩٠	٨٩١,٨٧

ويكون عدد مرات الشراء ع $= \frac{ط}{ك}$

$= \frac{١٠٠٠}{٨٤} =$ ١٧,٨٥ مرة فى العام

ويعنى هذا أنه سيتم طلب الشراء ١٧ مرة فى بعض السنوات و ١٨ مرة فى بعض السنوات الأخرى ، فاذا افترضنا أن المواد الخام المتوافرة فى بداية العام تكفى لإنتاج ٨٤ حجرة ولما كان معدل الاستخدام اليومى $\frac{١٥٠٠}{٣٠٠} = ٥$ وحدات . لذا فإن حجم المخزون المتوافر بعد ١٦ يوماً يصبح ٤ وحدات وهو ما لا يكفى لسد احتياجات المشروع فى اليوم السابع عشر، ولما كانت فترة التوريد

٧ أيام لذا يجب إصدار أمر الشراء فى اليوم التاسع حتى تتوافر المواد الخام اللازمة فى اليوم السادس عشر ، وتصبح عدد الحجرات المخزونة فى نهاية اليوم السادس عشر ٨٨ حجرة (٨٤ حجرة مشتراه + ٤ حجرات متبقية) وبعد ١٧ يوماً أخرى سوف يصل التخزين إلى ما يكفى ٣ وحدات فقط ولذا يجب إصدار أمر الشراء الجديد فى اليوم السادس والعشرين ليتم الاستلام فى اليوم الثالث والثلاثون، ويستمر العمل بهذا الشكل خلال العام كما هو موضح فى شكل رقم (٧ — ٣).



شكل رقم (٧ — ٣)

ولا شك أن تحديد الكمية الاقتصادية عن طريق تحديد التكلفة الخاصة بكل قيمة من قيم ك يتطلب جهود حسابية ضخمة ، إلا أنه يمكن تحديد قيمة ك * عن طريق مفاضلة معادلة التكاليف الكلية ت س م بالنسبة للمتغير ك ومساواة التفاضل بالصفر وبالتالى يتم استخراج قيمة ك * فى هذه الحالة كما يلى :

$$\frac{د\,[\,ت\,س\,م\,.\,(ك)\,]}{د\,ك} = \frac{د\,[\,ت\,س\,ط\,(ك) + ت\,س\,م\,(ك)\,]}{د\,ك}$$

$$= \frac{د\,[\,س\,.\,\frac{ط}{ك} + س_{1}\,\frac{ك}{٢}\,]}{د\,ك}$$

$$\therefore -\frac{س\,.\,ط}{ك^{*٢}} + \frac{س_{1}}{٢} = ٠$$

$$\therefore \frac{س\,.\,ط}{ك^{*٢}} = \frac{س_{1}}{٢}$$

$$\therefore ك^{*٢} = \frac{٢\,س\,.\,ط}{س_{1}}$$

$$\therefore ك^{*} = \sqrt{\frac{٢\,س\,.\,ط}{س_{1}}}$$

ويتبين لنا مما سبق أن

$$\frac{س\,.\,ط}{ك^{*٢}} = \frac{س_{1}}{٢}$$

أى أن $٢\,س\,.\,ط = س_{1}\,.\,ك^{*٢}$

وبالتالى $\frac{س\,.\,ط}{ك^{*}} = س_{1}\,\frac{ك^{*}}{٢}$

أى أن $ت\,س\,ط\,(ك^{*}) = ت\,س\,م\,(ك^{*})$

أى أن الكمية الاقتصادية للشراء تتحدد عند نقطة تساوى تكلفة إعادة الطلب مع تكلفة الاحتفاظ بالمخزون . وبالتالى يمكن أن يتم تحديد ك* كما يلى :

$$ت\,س\,ط\,(ك^{*}) = ت\,س\,م\,(ك^{*})$$

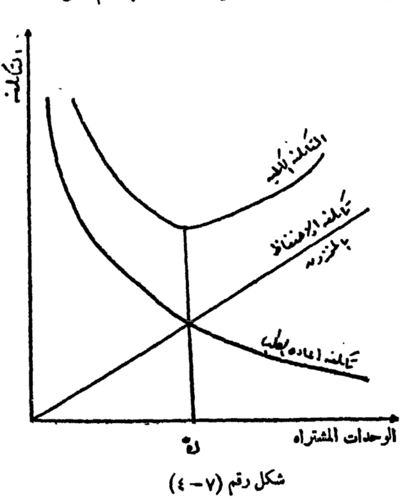
$$\text{أى } \text{س}_{٠} \left(\frac{\text{ط}}{\text{ك}^{*}} \right) = \text{س}_{١} \left(\frac{\text{ك}^{*}}{٢} \right)$$

$$\therefore ٢ \text{ س}_{٠} \text{ ط} = \text{س}_{١} \text{ ك}^{*٢}$$

$$\therefore \text{ك}^{*٢} = \frac{٢\text{س}_{٠} \text{ ط}}{\text{س}_{١}}$$

$$\therefore \text{ك}^{*} = \sqrt{\frac{٢ \text{ س}_{٠} \text{ ط}}{\text{س}_{١}}}$$

ويمكن تحديد الكمية الاقتصادية للشراء ك* بالرسم كما يلى :



شكل رقم (٧ — ٤)

٧ — ٣ تحديد الكمية الإقتصادية للطلب فى حالة وجود خصم كمية :

إفترضنا فى النموذج السابق أن سعر شراء الوحدة ثابت بغض النظر عن الكمية المطلوب شراؤها ، إلا أنه كثيراً ما يرغب الموردون فى تقديم خصم مقابل الشراء بكميات كبيرة لما يترتب على ذلك من ضمان حد أعلى للطلب على منتجاتهم ، كما يؤدى هذا الخصم إلى تخفيض تكلفة الشراء بالنسبة للمشترى ، إلا أنه فى مقابل ذلك يحتفظ المستهلك بمتوسط أكبر من المخزون كما يتعرض لمخاطر كثيرة منها التلف والبوار وكذلك تجميد جانب من أموال المشروع فى صورة مخزون سلعى

ويمكننا أن نأخذ خصم الكمية فى الحسبان عند تحديد الكمية الإقتصادية وذلك بمقارنة التكلفة السنوية للشراء والتخزين فى حالة شراء الكمية الإقتصادية بالتكلفة المقارنة فى حالة زياده الكمية المشتراة التمتع بالخصم المقدم من المورد وذلك كما فى المثال التالى :

٧ — ٣ — ١ مثال :

نفرض فى مثال (٧—٢—٢) أنه يمكن الحصول على خصم ٥ ٪ فى حالة شراء ما يكفى إحتياجات ٦ شهور دفعة واحدة فى كل مرة يتم فيها الشراء ، فهل يقبل المشروع هذا العرض أم لا ؟

الحـــل :

تكلفة الشراء والتخزين السنوية فى حالة شراء الكمية الإقتصادية أى ما يلزم ٨٤ حجرة .

= ٨٨٩,٠٥ + ٤٨ × ١٠٠٠ = ٧٢٨٨٩,٩٥ جنيها .

وتكون تكلفة الشراء والتخزين السنوية فى حالة شراء ما يلزم الانتاج لستة شهور كما يلى :

سعر شراء الوحدة = ٤٨ — ٤٨ × $\frac{٥}{١٠٠}$ = ٤٥٫٦٠ جنيهاً .

س. = ٢٥

س١ = ٤٥٫٦٠ × $\frac{٢٢}{١٠٠}$ = ١٠٫٠٣ جنيهاً

ك = ٧٥٠ حجرة (ما يلزم إنتاج ٦ شهور)

التكلفة السنوية للاحتفاظ بالمخزون = $\frac{٧٥٠ \times ١٠٫٠٣}{٢}$ = ٣٧٦١٫٢٥

التكلفة السنوية لإعادة الشراء = $\frac{٢٥ \times ١٥٠٠}{٧٥٠}$ = ٥٠

التكلفة السنوية للشراء = ١٥٠٠ × ٤٥٫٦٠ = ٦٨٤٠٠

تكلفة الشراء والتخزين السنوية ٧٢٢١١٫٢٥

وبذا يقبل العرض المقدم من المورد إذ يؤدى إلى تحقيق وفورات قدرها

٧٢٨٨٩٫٩٥ — ٧٢٢١١٫٢٥ = ٦٧٨٫٧٠ جنيهاً .

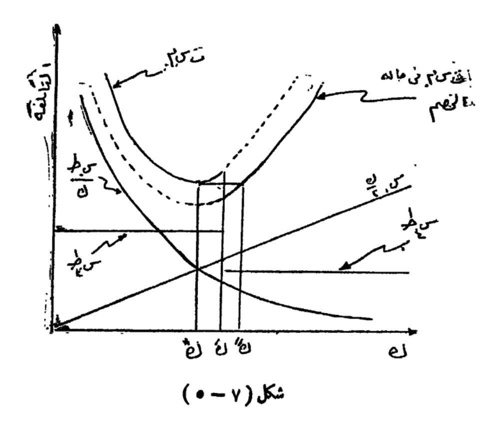
ويمكن معالجة خصم الكمية بشكل عام كما يلى :

نفرض أن سعر شراء الوحدة هو $س_٣$ إذا كانت الكمية المشتراه أقل من $ك^{-}$

وأن سعر شراء الوحدة هو $س_٤$ إذا كانت الكمية المشتراة أكبر من أو تساوى $ك^{-}$ (علما بأن $س_٣ \geqslant س_٤$) .

* نفرض أن الكمية الاقتصادية للشراء فى حالة عدم أخذ تكلفة الشراء فى الحسبان هى ك * .

نفرض كً > ك * وعندها ت س م. (كً) = ت س م. (ك*)
وذلك كما فى شكل (٧ — ٥)

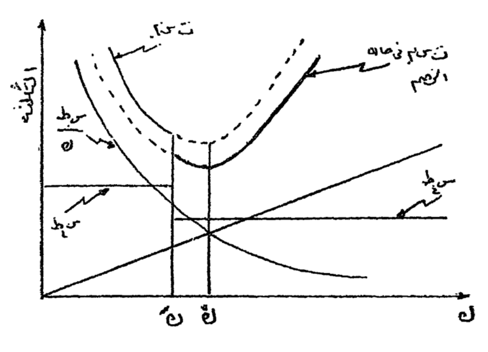


شكل (٧ — ٥)

وهنا يتوقف الحل على ما إذا كانت كَ < ك* أو أن كَ > ك*
وذلك كما يلى :

كَ < ك* :

ففى هذه الحالة يكون من المربح شراء الكمية ك* إذ عندها تتحقق أقل تكلفة للشراء والتخزين ، وذلك كما هو موضح فى شكل (٧ — ٦)



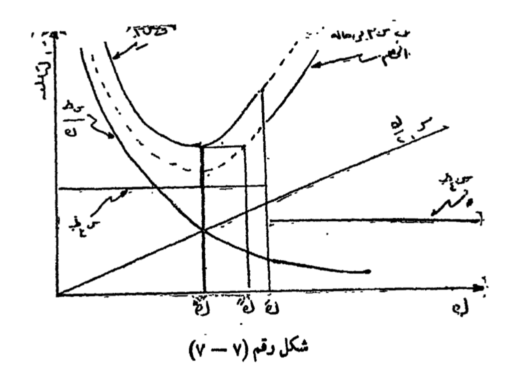
شكل رقم (٧ — ٦)

ك َ > ك * :

وهنا ندرس حالتين

ك ً < ك َ وهنا نجد أن قبول الخصم يحقق وفورات للمشروع وتكون الكمية الاقتصادية للشراء هى ك َ ، كما فى شكل (٧ — ٥) السابق .

ك َ ⩽ ك ً وهنا نجد أنه من المربح للمشروع عدم قبول الخصم والالتزام بشراء الكمية الاقتصادية ك * وذلك كما فى شكل (٧ — ٧)



شكل رقم (٧ — ٧)

٧ — ٤ تحديد الكمية الاقتصادية فى حالة عدم إمكانية التوريد دفعة واحدة :

قد يتعذر توريد الكمية المطلوبة دفعة واحدة سواء بسبب عدم توافرها لدى المورد أو تعذر نقلها دفعة واحدة ، ولذا نفترض أن البضاعة لا تصل مرة واحدة بعد إنقضاء فترة التوريد وإنما تصل بمعدل ثابت إلى أن يتم إستكمال طلب التوريد بالكامل ، وبفرض أن معدلات التسليم أعلى من معدلات الإستخدام أو البيع فإن مستوى المخزون فى هذا النموذج لا يصل إلى المستوى ك إذ يتم إستخدام جانب من المخزون أثناء عملية التوريد ، فاذا إفترضنا

م و = معدل وصول المواد المطلوبة فى اليوم

م ا = معدل إستخدام أو بيع هذه المواد فى اليوم

ك = الكمية المطلوبة

$\frac{ك}{م_و}$ = الوقت اللازم لوصول الطلبية بالكامل

$$\therefore\ \text{م}_{١} \times \frac{\text{ك}}{\text{م}_{٠}} = \text{عدد الوحدات المستخدمة أو المباعة خلال فترة}$$

توريد الطلبية الجديدة .

$$،\ \text{ك} - \text{م}_{١}\ \frac{\text{ك}}{\text{م}_{٠}} = \text{الحد الأقصى للمخزون}$$

$$،\ \tfrac{١}{٢}\left[\text{ك} - \text{م}_{١}\ \frac{\text{ك}}{\text{م}_{٠}}\right] = \text{متوسط المخزون}$$

$$،\ \text{ت س ط}\ (\text{ك}) = \text{س}_{.}\ \frac{\text{ط}}{\text{ك}}$$

$$،\ \text{ت س م}\ (\text{ك}) = \frac{\text{س}_{١}}{٢}\left[\text{ك} - \text{م}_{١}\ \frac{\text{ك}}{\text{م}_{٠}}\right]$$

$$= \frac{\text{س}_{١}\text{ك}}{٢}\left[١ - \frac{\text{م}_{١}}{\text{م}_{٠}}\right]$$

$$\therefore\ \text{ت س م}_{.}\ (\text{ك}) = \frac{\text{س}_{.}\ \text{ط}}{\text{ك}} + \frac{\text{س}_{١}\text{ك}}{٢}\left[١ - \frac{\text{م}_{١}}{\text{م}_{٠}}\right]$$

وبمفاضلة ت س م. (ك) بالنسبة لـ ك ومساواتها بالصفر يتم الوصول إلى ك* وذلك كما يلي :

$$\frac{\text{د}\left[\text{ت س م}_{.}\ (\text{ك})\right]}{\text{د ك}} = - \frac{\text{س}_{.}\ \text{ط}}{\text{ك}^{٢}} + \frac{\text{س}_{١}}{٢}\left[١ - \frac{\text{م}_{١}}{\text{م}_{٠}}\right]$$

$$\therefore -\frac{س_ط}{ل^{*٢}} + \frac{س_و}{٢}\left[١ - \frac{م_١}{م_و}\right] = ٠$$

$$\therefore \frac{س_ط}{ل^{*٢}} = \frac{س_و}{٢}\left(١ - \frac{م_١}{م_و}\right)$$

$$\therefore ل^{*٢} = \frac{س_ط}{\frac{س_و}{٢}\left(١ - \frac{م_١}{م_و}\right)}$$

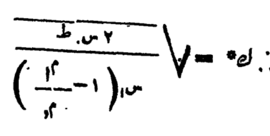
$$\therefore ل^{*} = \sqrt{\frac{٢\, س_ط}{س_و\left(١ - \frac{م_١}{م_و}\right)}}$$

ويمكن أيضاً الوصول إلى النتيجة السابقة عن طريق مساواة ت س ط مع ت س م كما يلى :

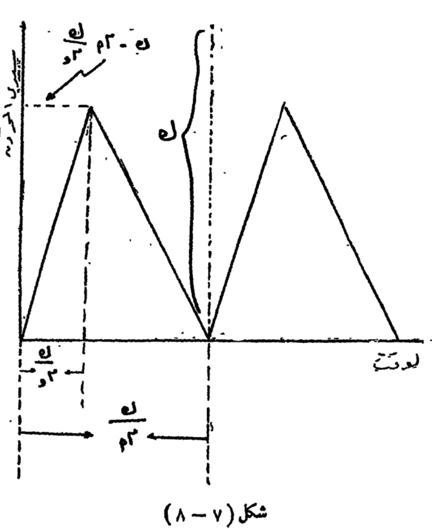
$$\frac{س_ط}{ل^{*}} = \frac{س_و ل^{*}}{٢}\left[١ - \frac{م_١}{م_و}\right]$$

$$\therefore س_ط = \frac{س_و ل^{*}}{٢}\left[١ - \frac{م_١}{م_و}\right]$$

$$\therefore ل^{*٢} = \frac{٢\, س_ط}{س_و\left(١ - \frac{م_١}{م_و}\right)}$$



ويمكن توضيح ذلك فى شكل (٧—٨)



شكل (٧ — ٨)

ويلاحظ أن متوسط المخزون فى هـذا النموذج أقل منه فى النموذج السابق الأمر الذى يؤدى إلى قلة تـكلفة التخزين السنوية فى هذه الحالة وبالتالى زيادة حجم الـكمية الاقتصادية للطلب وبالتالى إنخفاض عدد مرات الشراء ، أى تؤدى سياسة التسليم الجزئية هذه إلى إنخفاض كل من تـكلفة إعادة الطلب وكذا إنخفاض تـكلفة الاحتفاظ بالمخزون الأمر الذى يؤدى إلى إنخفاض تـكلفة التخزين السنوية .

ويمكن التحقق من ذلك بمقارنة قيمة ك* فى كلا الحـالتين ، إذ يتبين أن مقام الكسر فى النموذج الأول س_1 بينما هو $\text{س}_1\left(1-\frac{\text{م}_1}{\text{م}_\text{و}}\right)$ فى النموذج الثانى وبما أن $\text{م}_1 > 0$ أى أن $\frac{\text{م}_1}{\text{م}_\text{و}} > 0$

$$\therefore \text{إذاً } \text{س}_1 > \text{س}_1\left(1-\frac{\text{م}_1}{\text{م}_\text{و}}\right)$$

$$\therefore \sqrt{\frac{2\,\text{س}\,.\,\text{ط}}{\text{س}_1\left(1-\frac{\text{م}_1}{\text{م}_\text{و}}\right)}} \geqslant \sqrt{\frac{2\,\text{س}\,.\,\text{ط}}{\text{س}_1}}$$

٧ — ٥ تحديد الـكمية الاقتصادية فى حالة السماح بتلبية الطلب أثناء فترة نفاذ المخزون :

تفترض فى هـذا النموذج أن المشروع يمكنه فى فترة لاحقه تلبية الطلبات الواردة خلال فترة نفاذ المخزون backorder ، وكما هو متوقع يتحمل المشروع تـكلفة نتيجـــة إنتظار بعض الطلبيات إلى حين توافر المخزون وكذا فقدان المشروع اسمعته الطيبة ، هذا بالإضافة إلى ضرورة الاحتفاظ بسجلات خاصة

بطلبيات العملاء وكذا ضياع فرصة إستخدام الأموال التى كان من الممكن الحصول عليها نتيجة البيع وذلك بالإضافة إلى غيرها من بنود التكلفة المختلفة ، وتصبح المشكلة فى هذا النموذج هو تحديد الكمية الإقتصادية للطلب عند كل أمر شراء وكذا تحديد تلك الكمية التى سيرتبط المشروع بتوريدها نتيجة نفاذ المخزون :

فإذا كان :

ك = الكمية المطلوبة

ط = الطلب السنوى

ب = عدد الوحدات التى تطلب من المشروع أثناء نفاذ المخزون ويتعهد المشروع بتلبيتها عند استكمال المخزون .

س. = تكلفة إعداد الطلبية أو تكلفة التجهيز .

س١ = التكلفة السنوية للاحتفاظ بوحدة مخزون .

س٢ = التكلفة السنوية لتلبية وحدة طلب خلال فترة نفاذ المخزون .

$\frac{ك - ب}{٢}$ = متوسط المخزون

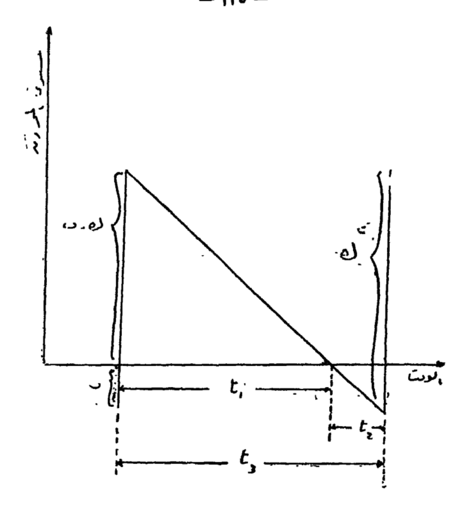
ع = $\frac{ط}{ك}$ عدد مرات الشراء خلال العام

ت١ = الوقت ما بين وصول الطلبية ووقت نفاذ المخزون

ت٢ = الوقت ما بين نفاذ المخزون ووصول طلبية جديدة

ت٣ = الوقت ما بين الطلبيات المتتابعة

ويمكن توضيح هذا النموذج بالشكل التالى :



شكل (٧—٩)

ولحساب كل من تكلفة التخزين وتكلفة إعادة الطلب يجب تحديد فترة تواجد المخزون وهى ت١ وكذا تحديد فترة نفاذ المخزون وهى ت٢ ، ويلاحظ من شكل (٧—٩) أن :

$$ت_٣ = ت_١ + ت_٢$$

$$\frac{ت_١}{ت_٣} = \frac{ك - ب}{ك}$$

$$\therefore \frac{\text{ت}_{٢}}{\text{ت}_{م}} = \frac{\text{ب}}{\text{ك}}$$

وتكون :

ت س م (ك ، ب) = $\text{س}_{١}$ × (متوسط المخزون) × (نسبة الوقت الخاص بوجود مخزون للوقت الكلى)

$$= \text{س}_{١} \left(\frac{\text{ك} - \text{ب}}{٢} \right) \cdot \frac{\text{ت}_{١}}{\text{ت}_{م}}$$

وهنا يجب التعبير عن قيمة ت س م (ك ، ب) كدالة فى المتغيرات ك، ب وذلك كما يلى :

$$\text{ت س م (ك ، ب)} = \text{س}_{١} \left(\frac{\text{ك} - \text{ب}}{٢} \right) \left(\frac{\text{ك} - \text{ب}}{\text{ك}} \right)$$

$$= \frac{\text{س}_{١} (\text{ك} - \text{ب})^{٢}}{٢\text{ك}}$$

وكذا يتحمل المشروع تكلفة نفاذ المخزون خـــلال الفترة $\text{ت}_{٢}$ فقط فإذا رمزنا لها بـ ت س ف (ك ، ب) فأنه يمكن التعبير عنها كما يلى :

ت س ف (ك ، ب) = $\text{س}_{٢}$ (متوسط الوحدات المطلوبة خلال فترة نفاذ المخزون) × (نسبة الوقت الخاص بنفاذ المخزون)

$$= \text{س}_{٢} \times \frac{\text{ب}}{٢} \times \frac{\text{ت}_{٢}}{\text{ت}_{م}}$$

وبالتعبير عن $\frac{ت_٢}{ت_٣}$ بدلالة ك ، ب نجد :

$$ت س ف (ك ، ب) = س_٢ \times \frac{ب}{٢} \times \frac{ب}{ك}$$

$$= \frac{س_٢ ب^٢}{٢ ك}$$

أما تكلفة إعادة الطلب فهى لم تتغير عن النموذج الأول أى أن :ـ

$$ت س ط (ك) = \frac{س. ط}{ك}$$

وبذا نعبر عن التكلفة التخزين السنوية ت س م. (ك ، ب) كما يلى :

$$ت س م. (ك ، ب) = ت س ط (ك) + ت س م (ك ، ب) + ت س ب (ك ، ب)$$

$$= \frac{س. ط}{ك} + \frac{س_١ (ك - ب)^٢}{٢ ك} + \frac{س_٢ ب^٢}{٢ ك}$$

ولتحديد أقل قيمة ممكنة للتكلفة السنوية يتم تفاضل ت س م. (ك ، ب) جزئياً بالنسبة لـ ك ثم بالنسبة لـ ب ويتم مساواة التفاضل بالصفر وبالتالى نصل إلى قيم ك* ، ب* عن طريق حل المعادلتين، وفيما يلى قيم كل من ك* ، ب*

$$ك^* = \sqrt{\left(\frac{٢ س. ط}{س_١}\right) \left(\frac{س_١ + س_٢}{س_٢}\right)}$$

$$ب^* = \frac{س_١}{س_١ + س_٢} ك$$

ونلاحظ هنا أنه لقيم $س_٢$ المرتفعة تقل قيمة ب * وتقترب قيمة ك * من قيمتها فى النموذج الأول، كما أن ك * تصل إلى أقصى قيمة لها وفقاً لهذا النموذج عندما تستمر قيمة $س_٢$ فى النقصان ، وفى حالة تساوى $س_١$ مع $س_٢$ فإن ب * = ½ ك * ويتساوى متوسط المخزون مع متوسط نفاذ المخزون وبالتالى تتساوى الفترة $ت_١$ مع $ت_٢$ وتكون ك * فى هذه الحالة مساوية لـ ك * $\sqrt{2}$ فى النموذج الأول .

٧—٥—١ مثال :

إذا ما توافرت البيانات التالية عن أحد المتاجر

ط = ٣٥٠ وحدة فى السنة

$س_٠$ = ٥٠ جنيهاً لكل أمر شراء

$س_١$ = ١٣,٧٥ جنيهاً للوحدة

$س_٢$ = ٢٥ جنيهاً للوحدة

فما هى الكمية الإقتصادية الواجب شراؤها وكذا الكمية المسموح بها أثناء فترة نفاذ المخزون حتى تكون التكلفة أقل ما يمكن ؟

الحـــل :

$$ك^* = \sqrt{\frac{٢ (٥٠)(٣٥٠)}{١٣,٧٥} \left(\frac{١٣,٧٥ + ٢٥}{٢٥}\right)}$$

≃ ٦٣ وحدة

$$ب^* = \frac{١٣,٧٥}{١٣,٧٥ + ٢٥} \times ٦٣$$

≃ ٢٢ وحدة .

ولا تعد النماذج السابقة بمثابة حصر لكل النماذج الرياضية المستخدمة فى تحديد الكمية الإقتصادية للشراء فى حالة ثبات الطلب من فترة لأخرى ، إذ أن هناك نماذج أخرى تقوم أساساً على إفتراض ثبات الطلب وذلك مثل النموذج الخاص بتحديد الكمية الإقتصادية فى حالة السماح بنفاذ المخزون وكذا عدم إمكانية التوريد دفعة واحدة ، وكذا النموذج الخاص بتحديد الكمية الإقتصادية للشراء لعناصر مختلفة من عناصر المخزون فى المشروع والتى ترتبط جميعاً بإمكانيات ومساحات مخزنية محدودة ، ويهدف هذا النموذج الأخير إلى تحديد الكمية الإقتصادية من كل عنصر تحت شرط أن تكون مجموع الكميات المشتراة من العناصر المختلفة فى حدود الطاقة المخزنية المتاحة ، هذا بالإضافة إلى نماذج أخرى عديدة نتناولها فى كتابات أخرى أكثر تخصصاً فى هذا الموضوع ، وقد تناول المؤلف جانب منها فى كتاب مقدمة فى بحوث العمليات .

ولتغطية النقص فى النماذج السابقة والتى تقوم على إفتراض التأكد يمكن الاحتفاظ بحد أدنى من البضاعة المخزونة وهو ما يسمى بحد الأمان buffer stock وذلك لمواجهة التغيرات التى قد تطرأ فى الطلب وكذا التغيرات التى قد تطرأ فى إمكانيات التوريد سواء كان ذلك دفعة واحدة أو على دفعات كما بينا فى النماذج السابقة .

ويتم حساب هذا الحد الأدنى بالشكل الذى يضمن أن احتمال نفاذ المخزون يقل عن حد معين ، ورغم أن تحديد الحد الأدنى بهذا الشكل يقتضى التعرض لنظرية الاحتمالات وهو ما يخرج عن نطاق هذا الكتاب ، كما أن تحديد الحد الأدنى بهذا الشكل ليس أيضاً بالحل الأمثل إذ يقتضى الأمر أن نأخذ فى الحسبان التغيرات المحتمله فى إمكانيات التوريد وذلك عند بناء النموذج حتى نصل إلى الحل الأمثل المعبر عن الواقع الفعلى آخذين فى الحسبان الاحتمالات المختلفة ، إذ أن

أغفال هذه العوامل ثم محاولة تداركها بوضع حد أدنى لا يؤدى إلى الوصول إلى الحد الأمثل .

إلا أن بناء النموذج الشامل الذى يأخذ هذه التغيرات المختلفة فى الحسبان ثم تحليل النموذج والوصول منه إلى الحل الأمثل ليس بالأمر السهل ونأمل أيضاً تغطية جانب من هذه الدراسات فى كتب أخرى متقدمة ، إلا أننا نكتفى فى هذا الصدد بأنه يمكن الاحتفاظ بحد أدنى لمواجهة مخاطر عدم التأكد هذه على أن يتم تحديد هذا الحد الأدنى بما يساوى إحتياجات المشروع لعدة أيام ، ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى :

٧—٥—٢ مثال :

إذا كانت إحتياجات المشروع السنوية من مادة خام معينة هو ٤٠٠ وحدة ، وكانت التكلفة الخاصة بإصدار أمر الشراء ١٠ جنيه وكانت تكلفة الوحدة المخزونة ٢٠ جنيها فما الكمية الإقتصادية للشراء فى كل مرة ؟ وإذا قرر المشروع ضرورة الاحتفاظ بمخزون يكفى ١٠ أيام لمواجهة التغيرات المحتملة فى مواعيد التوريد وإذا كان هناك حالياً حد أدنى بما يكفى ٥ أيام فما الكمية الواجب شراؤها فى أول مرة بما يضمن الوصول بالحد الأدنى إلى المستوى المطلوب ؟

الحــــل :

$$ك^* = \sqrt{\frac{٢ س . ط}{س_١}} = \sqrt{\frac{٢ \times ١٠ \times ٤٠٠}{و_٢}} = \sqrt{٤٠٠٠٠}$$

= ٢٠٠ وحدة.

أى أن كمية الشراء الاقتصادية هى ٢٠٠ وحدة فى كل مرة أى مرة كل ستة شهور على أن تكون مرة الشراء الأولى مساوية :

الكمية الاقتصادية للشراء + إحتياجات ٥ أيام

= ٢٠٠ + ٥ × ١٠ = ٢٥٠ وحدة .

٧ — ٦ تحديد الكمية الإقتصادية للشراء فى حالة عدم تساوى الطلب من فترة لأخرى :

نفترض فى هذا النموذج أن الطلب معروف مقدما لإدارة المشروع إلا أن حالة التأكد هذه لا تعنى أن يكون الطلب ثابتاً من فترة لأخرى إذ قد يزيد الطلب على منتجات المشروع فى بعض الفترات ويقل فى فترات أخرى ، وذلك كما هو الحال فى الطلب على المياه الغازية ، إذ يزيد الطلب فى شهور الصيف عنه فى شهور الشتاء .

وهناك عدة طرق لعلاج هذه الحالة ، منها أن يؤخذ متوسط الطلب خلال العام ثم نستخدم النماذج السابقة التى تفترض ثبات الطلب من فترة لأخرى على أن يكون هذا الطلب المتوسط بمثابة الطلب الثابت فى النماذج السابقة ، ويترتب على ذلك أنه يتم طلب نفس الكمية فى كل مرة ، إلا أنه نظراً لإرتفاع الطلب وإنخفاضه من فترة لأخرى فإن الوقت ما بين أوامر الشراء سوف تتعرض للتغيير بالنقص والزيادة مع زيادة ونقص الطلب ، وقد يلجأ المشروع إلى تحديد متوسط الطلب الشهرى ط ثم نحدد ك* ، ثم يتم تحديد فترة ثابتة للشراء ت = ك*/ط ، ثم يتم شراء كمية مختلفة فى نهاية كل فترة ت حتى نصل إلى مستوى ك* وبطبيعة الحال فى حالات إنخفاض الطلب سوف نجد مخزون مرتفع نسبياً فى نهاية الفترة ت فيتم شراء كمية أقل من الكمية ك* للوصول إلى المستوى

ك * وعلى العكس فى حالة إرتفاع الطلب يتم شراء كمية أكبر حتى تصل إلى المستوى ك * .

إلا أن كثيراً ما يبتعد كلا الإتجاهين عن الحل الأمثل ، إذ أن إختلاف الطلب من شهر لآخر قد لا يقتضى بالضرورة أن يتم شراء كميات ثابتة كل مرة أو قد لا يقتضى ضرورة الشراء على فترات ثابتة كالشراء مرة كل شهر مثلا .

ويمكن تحديد الكمية الإقتصادية للشراء فى حالة عدم تساوى الطلب عن طريق حساب التكلفة المتوسطة فى حالة الشراء لمدة واحدة فقط ثم حساب المتوسط فى حالة الشراء بما يكفى إحتياجات مدتين وهكذا يتم حساب التكلفة فى حالة الشراء لمدد مختلفة مستقبلة وتكون الكمية الإقتصادية هى تلك الكمية التى تؤدى إلى أقل تكلفة متوسطة ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى :

١٠ — ٦ — ١ مثال :

نفرض أن الطلب على المنتج فى الستة أسابيع القادمة كما يلى :

	١	٢	٣	٤	٥	٦
الطلب	١٠٠	٥٠	٥٠	٣٠	٢٠	١٠٠

وكانت تكلفة أمر الشراء $س_ر$ = ٣٠ جنيهاً والتكلفة الاسبوعية للإحتفاظ بوحدة المخزون ٢٠ و جنيهاً فالمطلوب تحديد الكمية الواجب شراؤها وتوقيت الشراء لتلبية الاحتياجات الخاصة بالأسابيع القادمة .

لحل هذا المثال وعلى عكس الحالات السابقة التى تميزت بثبات الطلب تقوم بإعادة حل المسألة مع كل رقم جديد للطلب، وبفرض أنه يتم إستخدام المخزون

بالكامل فى بداية كل فترة فإننا نقوم بحساب التكلفة الخاصة بإصدار أمر شراء لأسبوع واحد فقط وكذا أسبوعين وثلاثة أسابيع ... إلخ ثم نختار السياسة التى تؤدى إلى تخفيض متوسط التكلفة الكلية الخاصة بالتخزين وذلك كما يلى :

— الشراء لأسبوع واحد :

شراء ١٠٠ وحدة فتكون التكلفة = ٣٠ + ٠ = ٣٠ جنيها (تكلفة المخزون تساوى صفراً إذ نفترض إستخدام الوحدات المشتراة مرة واحدة فى بداية الأسبوع) إذا متوسط تكلفة الاسبوع = ٣٠/١
= ٣٠ جنيها

— الشراء لأسبوعين :

شراء ١٥٠ وحدة فتكون التكلفة = ٣٠ + ٥٠ × ٢٠ر٠ × ١
= ٤٠ جنيها وتصبح متوسط التكلفة فى الأسبوع = ٤٠/٢ = ٢٠جنيها

— الشراء لثلاث أسابيع :

شراء ٢٠٠ وحدة فتكون التكلفة = ٣٠ + ٥٠ × ٢٠ر٠ × ١
+ ٥٠ × ٢٠ر٠ × ٢ = ٣٠ + ١٠ + ٢٠ = ٦٠ جنيها
وتصبح متوسط التكلفة فى الاسبوع ٦٠/٣ = ٢٠ جنيها

— الشراء لأربعة أسابيع :

شراء ٢٣٠ وحدة فتكون التكلفة

= ٣٠ + ٥٠ × ٢٠ر٠ × ١ + ٥٠ × ٢٠ر٠ × ٢ + ٣٠ × ٢٠ر٠ × ٣
= ٣٠ + ١٠ + ٢٠ + ١٨ = ٧٨ جنيها
وتصبح متوسط التكلفة فى الأسبوع = ٨٧/٤ = ١٩ر٥٠ جنيها

— الشراء لخمسة أسابيع :

شراء ٢٥٠ وحدة فتكون التكلفة = ٧٨ + ٢٠ × ٢٠ر٠ × ٤
= ٩٤ جنيها

وتصبح متوسط التكلفة فى الاسبوع = $\frac{٩٤}{٥}$ = ١٨,٨٠ جنيها

— الشراء لستة أسابيع :

شراء ٣٥٠ وحدة فتكون التكلفة = ٩٤ + ١٠٠ × ٢٠ , × ٥

= ١٩٤ جنيها

وتصبح متوسط التكلفة فى الاسبوع = $\frac{١٩٤}{٦}$ = ٣٢,٣٣ جنيها

وهنا نلاحظ إتجاه التكلفة الكلية للتخزين إلى الزيادة وبالتالى عدم وجود مزايا من زيادة الكمية المطلوبة ، ولذا يصدر أمر شراء بـ ٢٥٠ وحدة لمدة خمس أسابيع على أن نبدأ حل المسألة من جديد ابتداء من الأسبوع السادس ليصبح بمثابة الأسبوع الأول فى الحل الجديد ، ولا تؤدى هذه الطريقة بالضرورة إلى الحل الأمثل فى كل الحالات ، إذ أن إتجاه النسبة إلى الارتفاع لايعنى أننا وصلنا إلى أقل تكلفة ممكنة إذ قد تنخفض النسبة بعد إرتفاعها ونصل إلى مستوى أقل من المستوى الأدنى الأول ويحدث هـذا عادة إذا كان هناك فترات من الطلب المنخفض لاحق لفترة من الطلب المرتفع .

<u>٧ - ٦ - ٢ مثـال :</u>

تفترض في المثال السابق أن الطلب للاسابيع اللاحقة للاسابيع الستة الأولى كانكما يلى :

الاسبوع	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣
الطلب	١٠	٨	٦	٢	٢	٢	٢

— الشراء لسبعة أسابيع :

شراء ٣٦٠ وحدة فتكون التكلفة = ١٩٤ + ١٠ × ٢٠ , × ٦

= ١٩٤ + ١٢ = ١٠٦

وتكون متوسط التكلفة فى الاسبوع = $\frac{٢٠٦}{٧}$ = ٢٩,٤٣ جنيهـ

— الشراء لثمانية أسابيع :

شراء ٢٦٨ وحدة فتكون التكلفة = ٢٠٦ + ٨ × ٢٠و × ٧
= ٢٠٦ + ٢و ١١ = ٢١٧و٢

وتكون متوسط التكلفة في الاسبوع = ٢١٧و٢ / ٨ = ٢٦و٤ جنيها

— الشراء لتسعة أسابيع :

شراء ٢٧٤ وحدة فتكون التكلفة = ٢١٧و٢ + ٩و٦
= ٢٢٦و٨

وتكون متوسط التكلفة في الأسبوع = ٢٢٦و٨ / ٩ = ٢٥و٢ جنيها

— الشراء لعشرة أسابيع :

شراء ٢٧٦ وحدة فتكون التكلفة = ٢٢٦و٨ + ٢ × ٢٠و × ٩
= ٢٢٦و٨ + ٣و٦ = ٢٣٠و٤

وتكون متوسط التكلفة في الاسبوع = ٢٣٠و٤ / ١٠ = ٢٣و٠٤ جنيها

— الشراء لإحدى عشرة أسبوعاً :

شراء ٣٣٨ وحدة فتكون التكلفة = ٢٣٠و٤ + ٢ × ٢٠و × ١٠
= ٢٣٠و٤ + ٤ = ٢٣٤و٤

وتكون متوسط التكلفة في الاسبوع = ٢٣٤و٤ / ١١ = ٢١و٣ جنيها

— الشراء لإثنى عشر أسبوعاً :

شراء ٣٤٠ وحدة فتكون التكلفة = ٢٣٤و٤ + ٢ × ٢٠و × ١١
= ٢٣٤و٤ + ٤و٤ = ٢٣٨و٨

وتكون متوسط التكلفة فى الاسبوع = $\frac{٢٣٨,٨}{١٢}$ = ١٩,٩ جنيها

ــ الشراء لثلاثة عشر أسبوعا :

شراء ٢٤٢ وحدة فتكون التكلفة = ٢٣٨,٨ + ٢ × ٢٠,٠ × ١٢

= ٢٣٨,٨ + ٤,٨ = ٢٤٣,٦

وتكون متوسط التكلفة فى الاسبوع = $\frac{٢٤٣,٦}{١٣}$ = ١٨,٧٣ جنيها

إذ يتبين من المثالين السابقين أن الشراء لخمسة أسابيع يؤدى إلى متوسط تكلفة ١٨,٨٠ جنيها ورغم إرتفاع متوسط التكلفة إلى ٣٣و٣٢ جنيها فى حالة ستة أسابيع إلا أن متوسط التكلفة قد إتجه إلى الإنخفاض المستمر بعد ذلك حتى أصبح ١٨,٧٣ جنيها فى الأسبوع فى حالة الشراء لثلاثة عشر أسبوعا أى بمتوسط تكلفة أقل مما يكون عليه الحال فى حالة الشراء لمدة خمس أسابيع فقط .

وعلى هذا الأساس فإن تحديد التكلفة المتوسطة وإتخاذها كأساس لتحديد الكمية الإقتصادية للشراء كما فى المثال السابق لا يؤدى أيضاً بالضرورة إلى الحل الأمثل، ونشير هنا إلى إستخدام البرامج المتحركة Dynamic Programming فى ظل هذا النوع من المشاكل ، إذ يؤدى إستخدام هذا الأسلوب إلى الوصول إلى الحل الأمثل ، إلا أن استخدام البرامج المتحركة يحتاج فى أغلب الأحوال إلى استخدام الحاسب الآلى لما يتطلبه هذا الأسلوب من تقييم بدائل عديدة من أجل الوصول إلى الحل الأمثل .

الفصل الثامن

دراسة طرق العمل

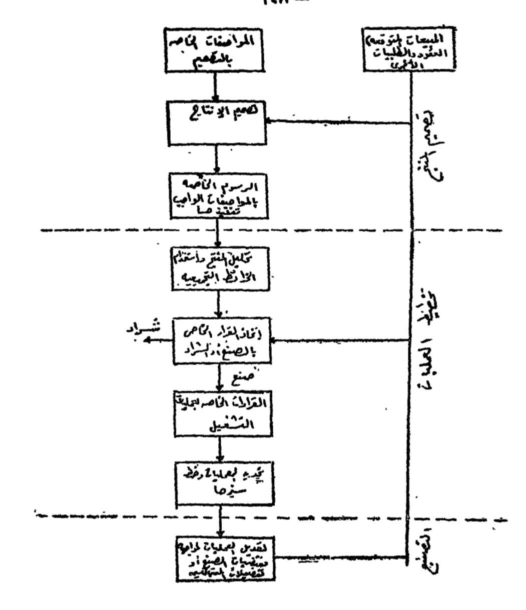
والعنصر البشرى فى النظم الإنتاجية

٨ - ١ مقـــدمه :

لقد تكلمنا فى الفصل الخامس عن تصميم المنتج ، وأوضحنا أنه يمثل نقطة البداية للعمليات الإنتاجية إذ تتحدد الكثير من الأمور خلال هذه المرحلة مثل أنواع الخامات التى ستستخدم ، الأجزاء التى سيتكون منها المنتج والعمليات الصناعية اللازمة لتنفيذه ، وتنتهى الوظيفة الخاصة بتصميم المنتج بإعداد الرسومات الهندسية التى تحدد وتصف ما يجب عمله وتنفيذه بدقة كافية .

وبإنتهاء هذه المرحلة تبدأ عملية تخطيط العمليات ، إذ يقوم المسئولون عنها بدراسة الرسوم والمواصفات الخاصة بالأجزاء المختلفة التى يتكون منها المنتج ، وفى ضوء ذلك يحددون طبيعة العمليـــات اللازمة لتصنيع كل جزء من هذه الأجزاء ، كما يتم أيضاً تحديد الكمية الواجب تصنيعها من هذا المنتج وذلك فى ضوء البيانات الخاصة بالمبيعات المتوقعة بالإضافة إلى أى تعاقدات خاصة للمشروع ، ويمكن توضيح العملية الخاصة بانتاج سلعة ما والعلاقة بين المراحل المختلفة التى تمر بها وذلك كما فى شكل (٨ — ١) .

وتحتوى غالبية الاعمال فى المشروعات الصناعية قدراً من الإرتباط بين العامل والآلة ، فرغم أنه ما زال هناك قدر كبير من العمل اليدوى فى بعض المشروعات الصناعية ، الا أن العمل فيها غالباً ما يتضمن استخدام بعض الأدوات أو العدد الميكانيكية المساعدة ، كما أنه حتى فى النظم الأوتوماتيكية فإنه لا غنى عن



شكل (٨ — ١)

وجود عمالة بشرية ، وعلى هذا فإنه فى أى من النظم الإنتاجية يتم استخدامهم بنسب متفاوتة من كل من العنصرين . وهنا تظهر أهمية دراسة العمل وطرق أدائه بما يؤدى إلى حسن استخدام الموارد الانتاجية المتاحة وبالتالى مساعدة المشروعات على أداء أعمالها بدرجة عالية من الكفاءة والفاعلية .

وتنقسم دراسات العمل الى جزئين ، الأول خاص بتصميم طرق العمل والثانى خاص بقياس العمل . ويتضمن تصميم طرق العمل كيفية إيجاد أفضل الطرق لأداء العمل وذلك من خلال دراسة نظم العمل الحالية من ناحية وكذا النظم المثلى الواجب إتباعها من ناحية أخرى حتى يمكن الوصول الى أفضل الطرق التى يمكن إتباعها أخــذا فى الحسبان الواقع الفعلى وحتى يمكن الوصول إلى أفضل الطرق لإستخدام وتوجيه الموارد المتاحة لإنتاج المنتج النهائى أو تقديم الخدمة الخاصة بالمشروع . أما قياس العمل فيتضمن تحديد الوقت اللازم لأداء الأعمال بواسطة أشخاص مؤهله ومدربه على أداء هذه الأعمال وفقاً للطرق المثلى السابق تحديدها . ويطلق على دراسة العمل فى كثير من الأحيان بدراسة الزمن والحركة Time and Motion Study .

وسوف نناقش فى هذا الفصل تصميم طرق العمل وقياسه ثم نتناول النظم الإنتاجية والعلاقة بين العنصر البشرى والآله فى كل منها ، وأخيراً الكيفية والأدوات التى تستخدم فى تطوير وتنمية القدرات الخاصة بالعنصر البشرى وأهم تلك الأدوات وأكثرها فاعلية وهى التدريب .

٨ — ٢ تصميم طرق العمل Work Design .

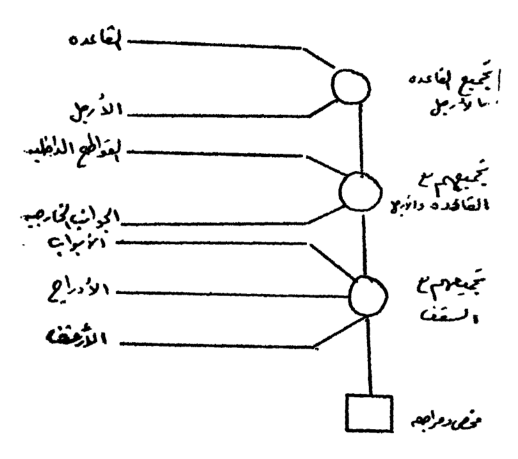
عاده ما يتم تدفق الأعمال فى أى مشروع فى شكل سلسلة من الخطوات المتتابعة التى تؤدى بواسطة الأفراد العاملين بالمشروع . ويمكن التعبير عاده عن تسلسل هذه الأعمال بواسطة مجموعة من الخرائط التى تسهل وتساعد على توضيح الخطوات المطلوب تنفيذها . ومن أهم تلك الخرائط :

٨ — ٢ — ١ الخرائط التجميعية Assembly or Gozinto Charts

تساعد هذه الخرائط فى توضيح تدفق المواد والأجزاء خلال العمليات

التجميعية ، وماهى الأجزاء التى تحتاج إلى تجميعات فرعية على خط الإنتاج أى أنها تهتم أساساً بتوضيح العمليات التجميعية التى يمر بها المنتج، وتظهر أهمية هذه الخرائط بوضوح عندما تتكون السلعة المنتجة على درجة من التعقيد من حيث عدد الأجزاء التى تتكون منها وكثرة عدد التجميعات الفرعية اللازمة ، وفى مثل هذه الحالات يستحيل تصور أو فهم الهيكل العام لتصنيع المنتج بدون وجود مثل هذه الخرائط.

ويوضح شكل رقم (٨ - ٢) الخريطة التجميعية بصنع وتجميع الأثاث .



شكل (٨ — ٢)

٨ — ٢ — ٢ خرائط العمليات أو التشغيل Operations Proces Chartss

بعد تحديد المواصفات وتجهيز الرسومات الخاصة بالأجزاء المكونة للمنتج وتحديد التجميعات الفرعية والرئيسية اللازمة ، تكون الخطوة التالية هى تحديد كيف يتم التصنيع بمعنى تحديد العمليات الصناعية اللازم القيام بها ، والمعدات المستخدمة فى كل منها ، وذلك ماتوضحه خريطة العمليات، إذ تلخص كل الخطوات المطلوبة لتصنيع المنتج ، وتستخدم بعض الرموز المتعارف عليها فى هذه الخرائط لترمز لعمليات التصنيع وعمليات التفتيش والفحص ، وترمز الدائرة O إلى عمليه تصنيع ، كما يرمز □ إلى عملية فحص وتفتيش ، ويرمز (O) إلى عملية تجميع أو تعبئة .

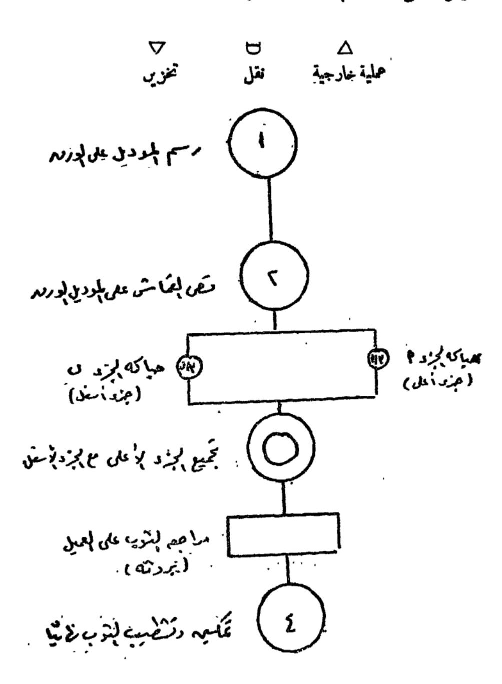
ولا تقتصر أهمية هذه الخرائط على المنتجات الجديدة فقط ، بل لها أهميتها الكبيرة أيضاً بالنسبة للمنتجات القائمة ، وذلك بسبب التغيرات المستمرة التى تحدث بمرور الوقت سواء فيما يتعلق بتصميم المنتج أوفيما يتعلق بنوع العمليات الصناعية المستخدمة نتيجة للتقدم التكنولوجى المستمر فى التصنيع ، ويوضح شكل رقم (٨ - ٣) خريطة العمليات بتفصيل وحياكة الملبوسات .

٨ - ٢ — ٣ خرائط تدفق عمليات التشغيل Flow Process Charts

ولا تختلف عن الخرائط السابقة إلا فى أنها تحتوى على تفاصيل أكثر ، حيث يوضح عليها بالإضافة لما سبق العمليات الخاصة بالنقل والتخزين ، وتستغرق هذه الأنشطة الغير إنتاجية جزءاً كبيراً من الوقت المستخدم فى الإنتاج الكلى ، كما أنها تتطلب معدات وأفراد وذلك للقيام بعمليات النقل والتحميل والتفريغ، ولهذا تحاول الإدارة العمل دائماً على أن تقلل من التكاليف الخاصة بتلك الأنشطة إلى أقل حد ممكن .

وتتطلب هذه الخرائط رموزاً إضافية للتعبير عن الأنشطة الغير الإنتاجية .

وهناك تنوعاً واختلافاً فى شكل الرموز المستخدمة، وفيما يلى أمثلة لبعض هذه الرموز والتى سنستخدمها فى هذا الكتاب .



شكل (٨ــ٣)

وتمكن هذه الخرائط من ملاحظة التفاصيل الخاصة بمراحل التصنيع ومناقشتها ومن ثم تقرير ما إذا كان ممكنا إستبعاد بعض هذه العمليات، كما أنها تمكن من تحقيق أفضل تتابع أو تدفق ممكن للعمليات الإنتاجية.

وعموما تستخدم خرائط العمليات على مستوى عام بالنسبة للمنتج ككل، فى حين تستخدم خرائط تدفق العمليات بالنسبة لقطاع أو جزء من المنتج ويوضح شكل (٨ - ٤) خريطة تدفق التشغيل بالنسبة للمنتجات الجلدية.

٨ — ٢ — ٤ المستندات الخاصة بخط سير العمليات :

لما كان أى منتج يتكون من مجموعة من الأجزاء فإن كل جزء يتم دراسته وتحليله من أجل تحديد العمليات اللازمة لتصنيعه، ويتم تلخيص هذه البيانات على ورقة تسمى بورقة خط السير، وتوضح هذه الورقة :

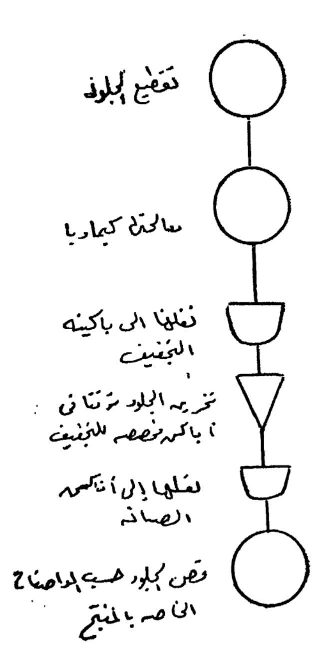
(١) العمليات المطلوب أداؤها وأفضل ترتيب لتوالى هذه العمليات.

(٢) تحديد الآلات أو المعدات التى ستستخدم فى كل عملية.

(٣) تقدير الوقت اللازم للتشغيل والوقت الخاص بالإعداد وذلك بالنسبة لكل جزء.

أما المعلومات والبيانات التفصيلية الخاصة بمراحل وطرق الصنع، فيمكن أن يتم توضيحها فيما يسمى بورقة العمليات، والتى توضح بتفصيل دقيق كيفية تنفيذ كل عملية.

وعلى هذا فإن الورقتين معاً — ورقة خط السير وورقة العمليات — يحددان الكيفية التى يمكن بها تصنيع المنتج، ويعتبر هذان المستندان على درجة كبيرة من الأهمية للمنشأة ولتصميم النظام الإنتاجى.


تقطيع الجلود
معالجتها كيماويا
نقلها الى باكينة التجفيف
تخزين الجلود مؤقتا في أماكن مخصصة للتجفيف
نقلها إلى أماكن الصيانة
قص الجلود حسب المواصفات الخاصة بالمنتج

(شكل (٨ - ٤)

وبالإنتهاء من عملية تخطيط العمليات ، وتصميم النظام الإنتاجى ، لا تظهر الحاجة إلى الورقة الخاصة بخط السير ، حيث أن الأمور تسير بعد ذلك بشكل متكرر ولا يثير ترتيب العمليات أى مشكلة ، أما بالنسبة لورقة العمليات فيتم الاحتفاظ بها ضمن المستندات الخاصة بالإنتاج وقد لا تظهر الحاجة إليها إلا فى بعض الحالات مثل تدريب بعض العاملين الجدد .

٨ — ٣ قياس العمل Work Measurment :

هناك مجموعة من الطرق التى تفيد فى تحديد مستويات الأداء الواجب إتباعها والتى تتخذ كأساس فى قياس العمل هى :

١ — إستخدام بيانات الأداء التاريخية كأساس للتنبؤ .

٢ — إستخدام دراسات الزمن كأساس لوضع معدلات الأداء .

٣ — التحديد المسبق لأنماط الوقت الخاص بالعمل .

٤ — إستخدام البيانات المبدئية .

٥ — دراسة عينة عمل .

وسوف نوضح كل طريقة بإيجاز فيما يلى :

٨ — ٣ — ١ إستخدام البيانات التاريخية كأساس للتنبؤ :—

Estimates Based on Historical Data

إن تحديد مستويات الأداء فى ضوء الخبرة السابقة والسجلات التاريخية دون أى دراسة لطرق العمل أمر يشوبه الكثير من العيوب التى يمكن بيان أهمها فيما يلى :

١ — أنها لا تأخذ فى الحسبان ما يمكن التوصل اليه من طرق أفضل للأداء أثناء دراسة وتطوير طرق العمل .

٢ — ليس من الضرورى أن تتماثل أعمال المشروع مما يصعب معه تتبع طرق أدائها تاريخيا .

٣ — عدم وجود مقياس مناسب يصلح إستخدامه كأساس للقياس .

ولذا فإن قياس العمل يقتضى أساساً دراسة لطرق العمل حتى يمكن الوصول إلى أسس دقيقة للقياس يرضى عنها كل من صاحب العمل والعمال ، على أن يتم مراجعة هذه الأسس بشكل مستمر مع أى تطوير فى كيفية أداء العمل .

٨—٣—٢ دراسة الزمن Stopwatch Time Study

تعد دراسة الزمن أكثر الأسس شيوعا لقياس العمل ، إذ يتم باستخدام الساعة الميقاتية Stopwatch فى تحديد الوقت المتوسط اللازم لأداء العمل . ويتم قياس هذا الوقت المتوسط بالنسبة لعمال مهرة مدربة على أداء الأعمال ، على أن يتم ذلك فى ظروف عمل نمطية ، وذلك بالنسبة لكل جزء من أجزاء العمل مع أخذ الأوقات الضائعة التى لا يمكن تجنبها فى الحسبان ثم يتم تجميع الأوقات النمطية الخاصة بكل جزء وذلك للوصول إلى الوقت النمطى اللازم لأداء العمل والذى يتخذ بعد ذلك كأساس لقياس العمل .

٨—٣—٣ التحديد المسبق لأنماط الوقت الخاصه بالعمل :

. Predetermined Motion—Time Study (PMTS)

ويتم وفقاً لهذا الأسلوب تحديد الوقت النمطى اللازم لأداء العمل دون حاجة إلى الملاحظة الفعلية للعمال وقياس الوقت الذى يستغرقونه فى أدائهم العمل ، وإنما يقتضى الامر فقط دراسة لأجزاء العمل مع تحديد الوقت اللازم لأدائها باستخدام أجهزة دقيقه تفيد فى تقدير هذا الوقت اللازم لأداء العمل .

٨ — ٣ — ٤ إستخدام البيانات المبدئية Elemental Data

لقد لاحظ فردريك تيلور Frederick Taylor أن هناك كثيرمن الأعما التى تتشابه فى جانب كبير منها ، ولذا عمـــل على إجراء دراسة لهذه الأعمال المتشابه حتى تتخذ بعد ذلك كأساس لتحديد الأوقات النمطية للأعمال المختلفة ، إذ أن توافر الأوقات الخاصة بجانب كبير من أجزاء العمل يسهل ويساعد على إستكمال قياس الوقت للجوانب الأخرى للعمل وبالتالى التوصل بسرعة وبتكلفة أقل إلى تحديد الأوقات النمطه اللازمة لأداء كل عمل .

٨ — ٣ — ٥ دراسة عينة عمل Work Sampling

تستند هذه الطريقة على نظرية الاحتمالات ، إذ يتم ملاحظة عينة من نشاط العمل على أن يتوقف حجم العينه وعدد المشاهدات على درجة الدقة المطلوبة فى النتائج ثم تعمم نتائج العينة لتحديد معالم المجتمع والذى يتمثل فى العمل المطلوب قياسه . ويستخدم هذا الأسلوب عاده فى الأعمال الغير متكرره .

٨ — ٥ محددات دراسة العمل Limitation of Work Study

هناك مجموعة من المحددات لدراسة العمل والتى يمكن بيان أهمها فيما يلى :

١ — تتم دراسات العمل أساساً بالنسبة للأعمال المادية الملموسة التى يمكن ملاحظاتها .

٢ — تصلح هذه الدراسات بدرجة أكبر بالنسبة للأعمال اليدوية عنه بالنسبة للاعمال المعتمدة على التشغيل الآلى .

٣ — يجب أن يصحبها معايير دقيقة للجودة خاصة إذا ما ارتبطت دراسات العمل بتطبيق نظام للحوافز .

٤ — قد تلقى دراسات العمل معارضة من إتحادات العمال ، ولذا يجب أن

يصحب إجراء هذه الدراسات تمهيد قوي من جانب الإدارة في المشروعات.

٨ — ٤ أنواع النظم الإنتاجية والعلاقة بين العنصر البشري والآلة في كل منها :

يمكن أن نقسم النظم الإنتاجية إلى ثلاثة أنواع ، الأول هو النظم اليدوية البحتة ، الثاني هو النظم الميكانيكية ، والثالث هو النظم الأوتوماتيكية .

نظم اليدوية :

تعتمد على العمال فقط مع الاستعانة ببعض الأدوات الميكانيكية المساعدة أو بعض العدد ، وهنا يكون العامل هو مصدر القوى اللازمة ، كما أنه يقوم بعملية المراقبة والمتابعة للعمليات ، أما العدد والأدوات الميكانيكية فإنها تساعد فقط على مضاعفة مجهوداته ، وعلى هذا فالعنصر البشري هنا يقوم بتحويل مدخلات الإنتاج إلى رجات مباشرة دون تدخل الآلات .

النظم النصف أوتوماتيكية :

وفيها يكون دور العامل الرئيسي هو مراقبة العمليات ، وهو يتعامل مع الآلة من خلال استقراؤه أو استخلاصه للمعلومات عن التشغيل ، وكذلك تفسيره لهذه المعلومات ، ثم استخدامه لأجهزة المراقبة لوقف أو تشغيل أو تعديل الآلة ، وبطبيعة الحال فإنه في هذه النظم يتم الحصول على القوى المحركة المطلوبة آليا ، وعادة ما يكون هناك تداخل أو ارتباط بين النظم اليدوية والنظم النصف أوتوماتيكية ، وذلك فيما يتعلق غالباً بتحميل الآلة أو بعض الأنشطة التي يمكن أن تتم اثناء دوران الآلة .

النظم الأوتوماتيكية :

المفروض في مثل هذه النظم انها لا تحتاج إلى العنصر البشري ، حيث أن كل الوظائف الخاصة بالإدراك وتشغيل المعلومات وتفسيرها واتخاذ القرارات

تؤدى بواسطة الآلات ، ولهذا فينبغى ان تكون تلك النظم معدة اى مبرمجة تماماً لاتخاذ التصرف أو الفعل الواجب فى مواجهة مختلف الاحتمالات والمواقف، إلا أن هذا المستوى من الأوتوماتيكية لا يمكن حدوثه او تقبله بالمنطق الاقتصادى، هذا بفرض توافر الآلات المصممة للقيام بتلك الوظائف السابقة ، ولهذا فإن العنصر البشرى يوجد فى مثل هذه الحالات ويقوم بصفة مستمرة أو دورية بالإشراف على العمليات من خــــلال الأجهزة الخاصة التى تعرض وتوضح المؤشرات الرئيسية الخاصة بسير العمليات .

وفى مناقشتنا للعلاقة بين العنصر البشرى والآلة فى النظام الإنتاجى سنتناول أولا دور العنصر البشرى فيما يتعلق بمدخلات المعلومات ، ثم المجهود الإنسانى ودوره داخل النظام ، وأخيراً أثر البيئة المحيطة وظروف العمل على النظام وعلى علاقة العامل بالعمل .

٨ — ٤ — ١ مدخلات المعلومات :

لقد جعلت التكنولوجيا الحديثة من الممكن إظهار وعرض كثير من المعلومات الهامة عن التشغيل ، والتى يصعب على العنصر البشرى إدراكها مباشرة ، فمثلا من خلال العدادات المختلفة يمكن للعامل أن يدرك من قراءات أو مؤشرات معينة ما يدل على معانى هامة بالنسبة للعمليات مثل درجة الضغط الذى تتعرض له المواد داخل الآلة ، أو درجة الرطوبة وغيرها من الأشياء التى لا يمكن ملاحظتها أو فهمها بالملاحظة المباشرة فقط ، وقد ازداد الاهتمام فى السنوات الأخيرة بوسائل ونظم عرض المعلومات كما حدثت تطورات كثيرة بالنسبة لها ، ويتم استخلاص المعلومات من أكثر هذه الأجهزة عن طريق الرؤية العينية ، وذلك لتسهيل مهمة العامل فى ملاحظتها وفهمها ، وقد نوقشت الوسائل المختلفة للعرض من نواحى متعددة ، فمثلا ما هى الأشكال الأكثر والاسهل فى القراءة والفهم وما هى أفضل الالوان الممكن استخدامها ولون الارضية أو الخلفية المستخدمة

فى كل حالة ، وكيف يمكن أن تنظم طريقة عرض القراءات على العدادات أو اللوحات ... الخ ، وبالإضافة إلى الوسائل البصرية فهناك الوسائل السمعية أيضاً وإن كان استخدامها أقل بكثير ، وهى عادة ما تستخدم حينما يكون من المتعذر استخدام الوسائل البصرية ، وأكثر الاجهزة السمعية استخداماً فى مجال توصيل المعلومات هى الاجراس ، الصفارات ، السرينة ... الخ .

٨ — ٤ — ٢ المجهود الإنسانى ودوره داخل النظام :

بعد إدراك الفرد للمعلومات الخاصة بالعمليات سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة فإنه يستجيب لها من خلال قيامه بأداء عمل ما من الاعمال ، وقد يكون هذا العمل تجميع لبعض الاشياء أو فحص بعض الاجزاء أو غيره من الأعمال اللازمة لتحقيق أهداف النظام ، وقد أجريت الكثير من الدراسات حول المجهود الجسمانى وتصميم مكان العمل والطرق المختلفة التى تمكن من تحقيق أعلى كفاءة ممكنة للجهود البشرية ، وتقليل الإحساس بالجهد والتعب لدى العاملين إلى أقل مستوى ممكن ، ويعرف ذلك بدراسة الحركة ، وكان فرانك جلبرت أول من اهتم بها وقام بدراسات كثيرة حولها هو وزوجته ووضع قائمة بالقواعد التى يجب أن تراعى فى حركة العامل .

ويقصد بدراسة الحركة دراسة حركات الآلة والعامل أثناء أداء عملية معينة بغرض تحديد أحسن الطرق لأداء هذه العملية واستبعاد الحركات الغير ضرورية التى تزيد من الوقت المستخدم فى الإنتاج وتقلل من إنتاجية العامل ، وبالطبع فان تلافى نواحى الإسراف هذه تؤدى إلى رفع الكفاية الإنتاجية للمشروع .

وقد كانت نتيجة دراسات جلبرث مجموعة من القواعد قسمنا إلى ثلاثة مجموعات :

المجموعة الأولى : خاصة باستخدام الجسم البشرى .

المجموعة الثانية : خاصة بتنظيم مكان العمل .

المجموعة الثالثة : خاصة بتصميم العدد والأدوات .

المجموعة الأولى : القواعد الخاصة باستخدام الجسم البشرى :—

١ — يجب أن تبدأ اليدان فى العمل وتنتهيان معاً فى نفس الوقت .

٢ — يجب ألا تكون كلتا اليدان عاطلتين فى نفس الوقت ما عدا أوقات الراحة .

٣ — يجب أن تكون حركات الذراعين فى اتجاهين متضادين وبطريقة متماثلة وأن يتم ذلك بالتتابع .

٤ — يجب إستغلال قوة الدفع نتيجة لإستخدام المستويات المائلة لمساعدة العامل كلما امكن ذلك .

٥ — حركة اليدين الهادئة المنتظمة أفضل من الحركات المتعرجة أو تلك التى تتضمن انحرافات حادة مفاجئة .

٦ — الإيقاع أو الروتين ضرورى ومفيد لجعل الأداء سهل وهادىء ومنظم .

المجموعة الثانية : القواعد الخاصة بتنظيم مكان العمل :

١ — يجب أن يكون هناك مكان محدد وثابت لكل العدد والمواد .

٢ — يجب أن توضع العدد والمواد والأدوات فى مواجهة او امام العامل .

٣ — يجب الاستفاده من الجاذبية الأرضية كلما كان ذلك ممكناً فى نقل المواد .

٤ — يجب أن توضع المواد والعدد بالصورة التى تمكن من تحقيق افضل ترتيب لحركات العامل .

٥ — يجب ان تراعى كل الضمانات اللازمة لتوفير إضاءة مناسبة .

٦ — يجب ان يكون ارتفاع مكان العمل ، والمقعد الذى سيستعمله العامل متلاءمين بحيث تسمح للعامل بأداء عمله فى موضع مريح دون إجهاد لبعض أجزاء الجسم .

٧ — أن تكون هناك مقاعد بالمقاييس الملائمة للعمل لكل فرد من الأفراد الذين يؤدون نفس الوظيفة .

المجموعة الثالثة : بالنسبة لتصميم العدد والأدوات :

١ — يجب ألا تستخدم اليدين كلما أمكن إحلالها باستخدام ممدات وأدوات بديلة يمكنها أداء العمل بطريقة أفضل .

٢ — يفضل كلما كان ذلك ممكناً ، إدماج أكثر من عدة معاً بحيث تصبح صالحة لأكثر من استخدام ، وذلك مثل المفاتيح التى تصلح لمقاسات متعددة .

٣ — فى حالة استخدام كل إصبع لاداء حركة معينة — كما فى حالة الآلة الكاتبة - يراعى توزيع العبء عليهم بما يتناسب والمقدرة الطبيعية لكل منهم .

٤ — يجب أن يراعى عند تصميم المقابض الخاصة بالعدد والادوات ، ان تتلاءم مع حجم اليد خصوصاً إذا ما كان الامر سيتطلب بذلك مجهود أو قوة كبيرة على المقبض .

وتفيد هذه القواعد كثيراً عند تصميم الآلات والعدد والأدوات ، حيث يراعى أن تتطلب أقـل جهد من العامل ، وأن تقلل الحركات اللازمة إلى أدنى حـد .

٨ — ٤ — ٣ ظروف العمل وأثرها على كفاءة النظام :

لظروف العمل آثــار مؤكدة ومتعددة على النظام الإنتاجى وكفاءته ،

فالعوامل المحيطة بجو العمل من حرارة ورطوبة وإضاءة وضوضاء . . . الخ . تؤثر تأثيراً كبيراً على مستوى جودة أداء العمال وعلى مقدار الاخطاء التى تقع ، وعلى معنويات العاملين وأيضاً على حالتهم الصحية .

لهذا فلا يمكن ابدا أن نحكم او نقيس كفاءة تصميم العمل فى أى نشاط بدون أن نتعرف على ظروف العمل المحيطة ونأخذها فى الحسبان ، وسنعرض فيما يلى بإيجاز لأثر كل من هذه العوامل على العامل وعلى كفاءة النظام .

أثر الحرارة والرطوبة والتهوية .

من المعروف لنا جميعاً أن احساسنا بالحرارة أو عدمه لا يتوقف فقط على القراءة الخاصة بدرجة الحرارة ، ولكن يتأثر إلى جانب ذلك بمدى حركة الهواء فى المكان ، فاذا إنساب الهواء شعرنا براحة كبيرة حتى ولو لم تنخفض درجة الحرارة فى المكان ، ومن ناحية أخرى قد لا تكون القراءة الخاصة بدرجة الحرارة مرتفعة ومع هذا نشعر بالحرارة والإجهاد ويتصبب منا العرق غزير مع بذل أقل مجهود ، ويرجع ذلك إلى ارتفاع درجة الرطوبة فى المكان ، وعلى هذا فالإحساس بالحرارة أو البرودة هو نتيجة لكل هذه العوامل الثلاث مجتمعة معاً ، وقد تم تجميع هذه العوامل على مقياس يعرف بمقياس «الحرارة المؤثرة » أو الفعالة .

ولتلك الظروف الجوية آثاراً واضحة وملموسة على أداء العامل سواء الأداء الجسمانى أو العقلى ، ويوضح جدول رقم (٨ - ١) ، (٨ - ٢) ملخصاً لتأثير مستويات « الحرارة المؤثرة » المختلفة على نسبة الأخطاء التى تقع فى حالة ما ، وعلى كمية العمل الممكن إنجازها فى موقع ما للعمل .

جدول رقم (٨—١)

درجات الحرارة المؤثرة	متوسط عدد الأخطار للعامل فى الساعة
٢٧	١٥
٣٠	٢٠
٣٣	٢٥
٣٦	٧٥
٣٩	٩٥

جدول رقم (٨—٢)

درجات الحرارة المؤثرة	كمية العمل المنجزة (قدم / رطل)
١٥	٢٣٠
٢١	٢٢٥
٢٧	٢١٠
٣٣	١٥٠
٣٥	٨٥

ويتضح من الجدولين السابقين أن متوسط عدد الأخطاء يرتفع بشكل حاد بعد تخطى درجة الحرارة لدرجة ٣٣ مئوية ، كما يتضح كذلك كمية العمل التى يمكن إنجازها فى الأعمال الجسمانية الشاقة مثل حمل الأثقال تنخفض سريعاً بعد ارتفاع درجة الحرارة عن ٢٧ درجة مئوية ، وذلك وفقاً لمقاييس درجات الحرارة الفعالة ، وقد أجريت كثير من الدراسات والتجارب فى المشروعات المختلفة وفى معامل الأبحاث حول كيفية تخفيف شعور العامل بالحرارة وتقليل ما يتعرض له فعلا منها ، وذلك من خلال تصميم ملابس خاصة من خامات معينة تسمح بتخلل الهواء داخلها ولا تمتص أو تنقل الحرارة إلى جسم العامل ، وذلك خصوصاً بالنسبة للعمال الذين يعملون أمام الأفران ويتعرضون للإشعاعات الحرارية ، كذلك فإن تهوية مكان العمل نفسه وتكييفه من الأمور الواجب مراعاتها ، وتختلف الصناعات والمناطق فيما بينها من حيث درجات الحرارة الملائمة لكل منها .

الضوضاء :

تعرف الضوضاء عموماً بأنها الأصوات الغير مطلوبة ، وتؤكد الدراسات أنها يمكن أن تؤدى إلى آثار خطيرة ، خاصة لو إستمر تعرض العاملين لها لفترات طويلة من السنين ، وتتكون الأصوات على إختلاف أنواعها ومصادرها من تغيرات أو ذبذبات فى الضغط الجوى ، وتنتشر هذه التغيرات على شكل موجات ، وتعرف هذه التغيرات فى الضغط بالضغط الصوتى ، ويقاس الصوت بمقياس تعرف وحدته بالديسبل ، ويوضح جدول رقم (٨ — ٣) قوة بعض الأصوات المختلفة مقاسة بالديسبل .

جدول رقم (٨ — ٣)

بعض المصادر المختلفة للصوت	قوة الصوت مقاسة بالديسبل
همس	٢٠
مكتب هادىء	٤٠
محادثة	٥٥
حركة مرور مزدحمة	٨٠
محرك نفاث	١٤٠

ولقد إهتمت المشروعات الصناعية بمحاولة معرفة الآثار المباشرة التى تنتج عن المستويات المرتفعة للصوت على معدلات الأداء المختلفة مثل كمية الإنتاج وجودته ونسبة الأخطاء ، ويجب أن ندرك أن ذلك ليس بالأمر السهل تحقيقه عملياً ، إذ يتطلب ذلك القيام بالتجارب مرات عديدة لفترات زمنية طويلة ، وحتى إذا تم ذلك فليس من السهولة بمكان عزل هذا العامل — الصوت — عن مختلف العوامل الأخرى المؤثرة فى الأداء ، وذلك للتأكد من تأثيره وقياس هـذا التأثير .

وهناك طرقا مختلفة متعددة للتحكم فى الضوضاء ، وتختلف هذه الطرق حسب ظروف كل موقف ، ويمكن لمهندسى الصوت أن يتحكموا فى درجة الضوضاء عند مصدرها وذلك بإعادة تصميم الأجزاء التى تنتج الصوت ، أو بعزل مصدر الصوت خلال تجهيزات البناء نفسه ، كذلك قد يقوم بوضع وتثبيت عوازل للصوت لتخفيف درجة الضوضاء ، وفى الحالات التى تكون فيها الضوضاء قوية ،

قد يكون إستخدام سدات الآذن مفيداً وفعالا لتقليل حدتها ، ويمكن لسدادة الأذن أن تحمى الاذن من الضوضاء بعد أقصى يبلغ ٥٠ ديسبل .

الإضاءة :

من أهم العوامل الخاصة بظروف العمل،هى تلك الخاصة بظروف الإضاءة ، ومع ذلك فليس هناك معايير محددة متفق عليها بالنسبة لدرجة الإضاءة الواجبه توافرها فى أماكن العمل ، إلا أنه لا يمكن تجاهل الآثار الواضحة القوية التى تترتب على عدم توافر القدر المناسب من الإضاءة فى مواقع العمل ، بالنسبة للاعمال والمنشآت التجارية والصناعية المختلفة فإن المعيار الملائم والفعال بالنسبة لعمل معين هو ذلك المعيار الذى يوفر مستوى معين من الإضاءة بحيث أن أى زيادة فى الإضاءة عنه لن تؤدى إلى أى زيادة مماثلة فى الاداء ، ولهذا فزيادة مستوى الإضاءة عن هذا الحد لن يكون لها أى قيمة وذلك بالنسبة لوظيفة ما ، وقد قام أحد الباحثين بتلخيص نتائج أبحاثه فى جدول (٨ — ٤) الذى يوضح مستويات الإضاءة اللازمة والمقترحة بالنسبة لمجموعة من الأعمال .

ولقد أجريت الكثير من الدراسات والابحاث العملية حول تأثير مستويات الإضاءة على الأداء بالنسبة لبعض الأعمال ، وبصفة عامة يمكن القول أنه كلما ارتفع مستوى الإضاءة واقترب من المستوى الملائم كلما تحسن مستوى الأداء بشكل واضح .

تأثير الوميض والأشياء الساطعة :

يؤدى البريق أو الأشياء الساطعة التى تبهر الابصار إلى تقليل آثار الإضاءة . ويمكن أن يحدث البريق نتيجة لإنعكاس الضوء على اسطح لامعة ، أو من ضوء ساطع ، وبالإضافة إلى أن البريق يقلل من فاعلية مستوى الإضاءة ، فإنه يؤذى العاملين ويؤدى إلى شعورهم بعدم الراحة فى العمل وإلى إيذاء أبصارهم ، وتدله

الابحاث العملية على أن تأثير الوميض يزداد حدة كلما اقترب مصدره من خط الرؤية أو الإبصار ومن ثم يقلل من فاعلية الإضاءة السائدة فى المكان .

جدول رقم (٨ — ٤)

العمل أو الوظيفة	قوة الإضاءة المقترحة شمعة / القدم
المشى فى ممرات أو سلالم	٥
حجرات الاستقبال	١٠
حجرات الدراسة ، المحلات ، المكاتب	١٥
أعمال منزلية	١٥
قراءة كتابة بخط اليد	٢٠ — ٣٠
خياطة أو رسم	٢٥
بريد ومراسلات	٢٥
قراءات تحتاج إلى مجهود نظرى وإجراء مقارنات	٣٠ — ٤٠
حسابات وإمساك دفاتر	٥٠

ويمكن تقليل أثر الإبهار والوميض بتغيير المواقع الخاصة بالإضاءة إذا كان ذلك ممكنا ، أو بتوزيع مصادر الإضاءة التى لا يمكن تغيير موقعها ، أو بزيادة مستوى الإضاءة فى كل المجال المحيط ومن ثم يقل الفارق بين مصدر البريق وبين مستوى الإضاءة المحيط بها .

التلوث والاخطار الاخرى :

لقد ثبت أن كثيراً من الابخرة والسوائل والاتربة والاجسام الصلبة التى

توجد فى أماكن العمل وتنتج خلال أو بعد العمليات الصناعية المختلفة مضرة بالعاملين ، فهناك الكثير من الاخطار والامراض التى يمكن أن يتعرض لها العاملون فى مثل هذه الظروف ، ولقد إهتم الباحثون والهيئات الخاصة بالأمن الصناعى بتوفير الحماية الكافية والوقاية للعاملين لمنع وتقليل هذه المخاطر إلى أقل درجة ، سواء كان ذلك من خلال تزويد العاملين بملابس خاصة أو كمامات واقية أو قفازات أو أحذية من نوع خاص ... إلخ ، أو من خلال تعديل بعض التصميمات الهندسية الخاصة بتجميع الابخرة والاتربة والغازات السامة وشفطها بعيداً عن جو العمل ، وكذلك بتوعية العاملين فى مثل هذه الظروف وإرشادهم من خلال البرامج الخاصة بالأمن الصناعى .

٨ — ٥ تنمية القدرات الخاصة بالعنصر البشرى :

هناك عدد من أدوات التطوير التى يمكن تلخيصها فيما يلى :

١ — طريقة الإرشاد : هناك طريقتان للإرشاد وهما الطريقة المباشرة والطريقة غير المباشرة هذا ويقصد بالاولى أن التركيز يتم حول الموجه نفسه بمعنى أنه يتصف بالتسلط من جانبه فى عملية الإرشاد . أما الطريقة الثانية فإنها تركز حول طالب الإرشاد .

٢ — الأقناع : تعتمد هذه الطريقة على محاولة استخدام المنطق فى أقناع الأفراد بضرورة التغيير وهذا يتطلب الخطوات التالية :

— فهم أسباب معارضة التغيير وتفسيرها .

— الأندماج .

— العلاقات .

— الألتزام .

— الفصل .

٣ — الإثابة والعقاب : تعتبر هذه الإداة وسيلة لتغيير سلوك الفرد وليس اتجاهاته وحتى يمكن استخدامها بكفاءة فانه يجب مراعاة الآتى :

— معرفة محددات السلوك الفعلى للبشر .

— معرفة وتحديد العوامل النفسية التى تزيد من فاعلية تطبيق هذه الإداة وهى معرفة إدراك المرؤوسين للاثابة والعقاب، أهمية التكرار فى تطبيق الاثابة والعقاب ، القدرة على إيجاد الارتباط المباشر بين الاثابة والعقاب من ناحية وبين السلوك المرغوب فيه من ناحية أخرى .

٤ — التدريب : بالرغم من الكثير مما يقال عن التدريب وفاعليته إلا أنه يمكن القول أنه من أهم الأدوات الهامة التى تؤدى إلى أكساب العاملين العديد من القدرات والمهارات التى تلزم لأداء العمل .

ولذا سنوضح بشىء من التفصيل الأسس النظرية له والظروف التى تحيط به فى التطبيق العملى .

٨ — ٥ — ١ الأسس النظرية للتدريب وتطبيقاته العملية :

أن مبادىء وأسس التدريب تقضى بأن يكون التدريب هادفا وذلك بأن يوجه التدريب لتحقيق هدف واضح محدد وهذا الهدف عادة ما يكون :

(ا) تنمية معلومات وخبرات العاملين .

(ب) تزويدهم بمعلومات وخبرات جديدة لم يكونوا يعلموا عنها شيئا .

(ح) رفع مستويات ومعدلات آدائهم .

(ى) تعليمهم طرق أداء جديدة .

(هـ) تنمية وتحسين النواحى السلوكية وأرشاد العاملين إلى الإتجاهات السليمة التى يتطلبها المجتمع وصالح العمل .

ويقاس نجاح التدريب بمدى القدرة على التعرف على الاحتياجات التدريبية التى تلزم العاملين المطلوب تدريبهم .

ويقصد بالإحتياجات التدريبية مجموع التغييرات والتطورات المطلوب أحداثها فى معلومات ومهارات وإتجاهات وسلوك العاملين للتغلب على المشاكل التى تعترض سير العمل والإنتاج ومن ثم يمكن حصر الإحتياجات التدريبية فى ثلاث عناصر رئيسية هى :

١ — معارف وخبرات مطلوب تزويد العاملين بها أو تنميتها فيهم .

٢ — تطبيق عملى لرفع معدلات الأداء والمهارات أو تعلم طرق عمل جديدة

٣ — احداث تغيير فى سلوك الفرد واتجاهاته .

أن تحديد الإحتياجات التدريبية يسبق أى عمل تدريبى فهو يأتى قبل تصميم البرامج التدريبية واختيار أسلوب التدريب الذى سوف يتبع ، وعملية تحديد الاحتياجات التدريبية تتطلب بالضرورة الإجابة على سؤالين هما :

(ا) من هم المطلوب تدريبهم .

(ب) ما هو نوع التدريب المطلوب لهم .

٨-٥-١-١ مصادر التعرف على الإحتياجات التدريبية :

(ا) توصيف الوظائف والأعمال :

توجد علاقة قوية بين توصيف الوظيفة وتحديد التدريب اللازم لشاغلها ، ولذا فأنه عند تحديد الإحتياجات التدريبية يحسن أن يلم مدير التدريب أو المشرف على التدريب بالبيانات الآتية :

١ — واجبات ومسئوليات الوظيفة .

٢ — العمليات والخطوات التى يجب أن يتدرج فيها العامل حتى يمكنه القيام بمهام عمله .

٣ — التعليمات والإرشادات التى يجب أن تعطى له وطرق أداء أعمال الوظيفة ووصف للأعمال اليومية أو الموسمية والمهارات الخاصة والقدرات التى يجب أن تتوافر لدى القائم بها .

٤ — المعرفة التامة بالأدوات والآلات والنماذج والدفاتر والاستمارات المستخدمة فى تأدية الوظيفة .

٥ — الخبرات العملية التى تلزم العامل .

٦ — المؤهل أو المؤهلات العلمية لشاغل الوظيفة .

٧ — الصفات الشخصية والنواحى السلوكية التى تلزم شاغل الوظيفة .

(ب) معدلات الأداء :

معدل الأداء هو المقياس السليم الذى يقاس به مدى قيام العامل بعمله والذى يحدد كمية الإنتاج المفروض أن يؤديها شاغل الوظيفة فى زمن محدد حتى يمكن السيطرة على تنفيذ مراحل الخطة فى الوقت المحدد لها :

٨ - ٥ - ١ - ٢ العلاقة بين معدلات الأداء والاحتياجات التدريبية :

(أ) أن انخفاض معدلات أداء العامل قد يكون مؤشرا يدل على حاجة العامل إلى التدريب .

(ب) كما أن معدلات الأداء قد تساعد على تقسيم الأفراد إلى مجموعات متقاربة من ناحية تنظيم التدريب لهذه الجماعات وتحدد حجم العمل التدريبى المطلوب لكل مجموعة .

(حـ) تساعد على رسم البرامج التدريبية وتحديد مناهجها للوصول بالإفراد إلى مستوى الأداء المطلوب للعمل.

(ى) تعتبر مقياسا يقاس به كفاءة وإنتاجية العمل مما يسهل كتابة تقارير الكفاءة السنوية.

٨ - ٥ - ١ - ٣ أنواع معدلات الأداء:

(أ) معدلات كمية وتتناول عدد وحدات العمل اللازم انجازها في فترة زمنية محددة.

(ب) معدلات نوعية وتعبر عن مستوى الجودة اللازمة لأداء عمل معين معبرا عنه بنسبة الخطأ الذى حدث فى الأداء.

(حـ) معدلات زمنية وتتناول الوقت اللازم لإنجاز عمل معين.

(ى) معدلات خاصة وهى معدلات تناسب أعمال معينة من نوع خاص.

٨ - ٥ - ١ - ٤ المبادىء التى تراعى عند وضع معدلات الأداء:

١ — أن تكون موضوعة عند مستوى الأداء الذى يكون مقبولا أو مرضيا وليس عند مستوى الكمال إذ يجب أن يكون فى الامكان وصول الأفراد بانتاجهم إلى مستوى المعدلات.

٢ — يجب أن تكون المعدلات عن الواجبات الدائمة للوظيفة وليست عن أعمال مؤقتة لها.

٣ — أن تكون مرنة بحيث تتناسب مع ظروف وطبيعة العمل.

٨ - ٥ - ١ - ٥ الطرق المستخدمة لاستخراج معدلات الأداء:

١ — الطريقة الشخصية: وتعتمد على أساس خبرة الرؤساء بالأعمال التى يشرفون عليها مما يمكنهم من تقرير مستويات للأداء يمكن القياس عليها.

٢ — طريقة المشاهدة : وهى تقوم على تتبع وملازمة العامل أثناء قيامه بالعمل وتسجيل حركاته فى نموذج خاص خلال فترة زمنية محددة .

وتعتمد هذه الطريقة على البيانات الموجودة بالسجلات والمصادر المختلفة عن عدد وحدات العمل المنتجة وكذلك البيانات الخاصة بالأفراد الذين أدوها ثم استخراج متوسط أداء الوحدة خلال الفترة الزمنية المنتهية .

٨ - ٥ - ١ - ٦ مسئولية الأجهزة عند تحديد أحتياجاتها التدريبية

تعتبر رئاسة الجهاز هى المرجع الرئيسى فى تقرير الأحتياجات التدريبية اللازمة للعاملين فى وحدات الجهاز من مختلف الدرجات والتخصصات وعليها أن تتخذ فى سبيل ذلك كافة الوسائل التى تمكنها من التعرف على هذه الأحتياجات وتحديدها تحديدا واضحا ، إذ أن مسئولية الكشف عن الأحتياجات التدريبية للعاملين تقع على عاتق القادة والرؤساء وينبغى أن يسهم مدير إدارة التدريب فى الجهاز وكذا أخصائى التدريب فى مساعدة الرؤساء المباشرين للعاملين فى الكشف عن هذه الأحتياجات التدريبية وفى تحليل مشاكل العمل والإنتاج حسب الخطوات الآتية :

١ — سماع المشكلات العادية من المشرفين والرؤساء والعاملين .

٢ — درسة هذه المشاكل مع التقارير المتعلقة بالعمل واداء العاملين .

٣ — تحديد المشاكل الناشئة عن تغيير ظروف العمل أو تغيير تنظيم الجهاز أو التغييرات التى تدخل فى السياسة العامة للجهاز وتحليل كل مشكلة على حده .

٤ — معالجة كل مشكلة من المشاكل التى تحتاج إلى تدريب وإقتراح التدريب الملائم لكل مشكلة على حده .

٥ — إذا لم تظهر إحتياجات تدريبية محددة فلا داعى لإجراء التدريب إذ يوجه التدريب للمحتاجين اليه فقط .

٦ — بعد التعرف على الاحتياجات التدريبية يجب أن تدون كتابة وتسلم للاخصائين لاعداد وتصميم البرامج التدريبية بحيث تلبي الاحتياجات التدريبية وتغطيتها بطريقة سليمة .

٨ - ٥ - ١ - ٧ الظروف التى تواجه الاحتياجات التدريبية .

أولا : الظروف التى تكون فيها الاحتياجات التدريبية واضحة ومحددة :

١ — أستخدام عاملين جدد أو عاملين منقولين إلى الجهاز .

٢ — نقل أو ترقية بعض العاملين من داخل الجهاز .

٣ — تغيير النظام والتنظيم الداخلى للجهاز ونظام الاتصالات به .

٤ — تغيير أسلوب وطرق العمل أو الإنتاج أو التوسع فى العمليات .

٥ — أستخدم آلات جديدة فى العمل .

٦ — أرتفاع معدلات الاصابة وحوادث العمل .

ثانياً : الظروف التى تكون فيها الاحتياجات التدريبية غير واضحة المعالم :

١ — تركيز السلطة وإتخاذ القرارات بواسطة أفراد قلائل .

٢ — إنخفاض مستوى الكفاية الإنتاجية العاملين ورداءة نوع الإنتاج .

٣ — أرتفاع تكاليف الإنتاج .

٤ — الخبرة المحددة لبعض الأفراد .

٥ — كثرة الغياب والتأخير وأرتفاع نسبة الأجازات المرضية .

٦ — كثرة الشكاوى .

٧ — أنخفاض الروح المعنوية للعاملين .

وهذه الظروف تتطلب إجراء دراسات وتحليل دقيق التعرف على الأسباب الرئيسية لها إذ ربما لا يكون علاجها عن طريق التدريب .

٨ - ٥ - ١ - ٨ خلاصة :

أن الدروس المستفادة لموضوع الاحتياجات التدريبية يمكن إجمالها في الآتي :

١ ــ أن الاحتياجات التدريبية تعتبر الأساس السليم الذى يقوم عليه التدريب والنجاح فى أكتشافها يساعدنا على توجيه التدريب فى الإتجاه الصحيح .

٢ ــ أن تحديد الاحتياجات التدريبيه مسئوليه قادة الأجهزة والرؤساء بالتعاون مع مديرى التدريب ومديرى شئون العاملين .

٣ ــ أن عمليه تحديد الاحتياجات التدريبيه عمليه مستمرة ومتطورة ومتغيرة بتغير ظروف العمل كما أنها عمليه شاملة تشمل جميع طبقات العاملين بالجهاز .

٤ ــ أن تحليل المشاكل يساعد على التعرف على نوع التدريب المطلوب .

٥ ــ لنجاح العاملين فى وحدات التدريب لابد من تحديد الاحتياجات التدريبيه والاهتمام بتوصيف الوظائف ووضع معدلات أداء سليمه للعمل يمكن بها قياس حاجه العاملين إلى التدريب .

الفصل التاسع

الآلات والمعدات اللازمة للانتاج

شراؤها ـ إستبدالها

٩ ـ ١ أنواع الآلات :ـ

هناك أساسين رئيسين يمكن فى ضوئهما تصنيف الآلات اللازمة للانتاج. الأول يتعلق بدرجة الأهتمام المطلوب من القائم على التشغيل، والثانى يتعلق بمدى التنوع فى الأعمال التى يمكن أن تؤديها الالة .

وعلى هذا فوفقا للأساس الأول تنقسم الآلات إلى :ـ

١ ـ آلات تدار يدويا .

٢ ـ آلات نصف أتوماتيكية .

٣ ـ آلات أوتوماتيكية .

ووفقا للأساس الثانى تنقسم الآلات إلى :ـ

١ ـ آلات عامة الغرض .

٢ ـ آلات متخصصة الغرض .

ومع تزايد الميكانيكية ، فان الاتجاه قد زاد كثيرا إلى استخدام الآلات الأوتوماتيكية والنصف أوتوماتيكية عن الآلات التى تدار يدويا ، كذلك فان

الاتجاه الآن هو إلى استخدام الآلات المتخصصة الغرض عن الآلات العـــامة الغرض .

وفيما يلى توضح كل نوع من الأنواع السابقة .

٩ - ١ - ١ الآلات التى يتم تشغيلها يدويا :

يحتاج تشغيل هذا النوع من الآلات إلى يقظة واهتمام مستمر من العامل المسئول عنها ، إذ قد يقوم بوضع المواد الخام بها ، وقد يتطلب الأمر أن يقوم بتشغيلها لبدء التصنيع ، وأحياناً يتطلب الأمر أن يوقفها ويسحب منها الأجزاء التى تم تصنيعها ، كذلك قد يطلب منه توجيه المواد الخام خلال عمليات التصنيع ، ومن أمثلة هذا النوع من الآلات آلات الثقب ، الخراطة ، اللحام ، الطباعة ، كذا آلات النقل والتحميل ، وبالنسبة للمجال الخاص بالأعمال الإدارية والمكتبية فهناك الآلات الكاتبة ، الآلات الحاسبة ، ماكينات التصوير .

وفى مثل هذا النوع من الآلات نجد أن تغيب العامل يؤدى إلى توقف الآلة تماماً ، كما أنه يصعب زيادة الإنتاج لمواجهة أى زيادة موسمية أو طارئة فى الطلب على منتجات المشروع ، إذ أن زيادة الإنتاج هنا تتطلب توفير العمالة الماهرة وتدريبها حتى يمكن زيادة الطاقة الإنتاجية .

ونتيجة لما سبق يقتضى استخدام هذه الآلات وجود تخطيط وإشراف دقيق فى المشروع .

٩ - ١ - ٢ الآلات النصف أوتوماتيكية :

تقل الحاجه فى هذا النوع من الآلات إلى التواجد المستمر للعامل المسئول أمام الآلة ، إذ يتطلب الأمر تواجده فقط عند تحميل الماكينة وبدأ تشغيلها ،

وعند سحب المنتج فى نهاية دورة التصنيع ، ولهذا فإن عاملا واحد يستطيع تشغيل أكثر من آلة ، إذ يستطيع أثناء فترة التشغيل للآلة الأولى أن يقوم بتحميل الآلة الثانية وهكذا ، ويتوقف عدد الآلات التى يمكن لعامل واحد أن يشرف عليها على الوقت اللازم لتجهيز وإعداد الآلة للتشغيل ، والوقت اللازم لذهاب العامل إلى الآلة الأخرى ، والوقت اللازم للآلة لتصنيع المادة الخام ، ومدى انتظام فترة التصنيع هذه ، وهنا تواجه الإدارة مشكلة تحديد العدد الأمثل من الآلات التى يشرف عليها عامل واحد ، إذ أن زيادة عدد الآلات يؤدى إلى زيادة إحتمال توقف أكثر من آلة فى نفس الوقت وبالتالى وجود طاقه عاطلة ، كما أن تقليل عدد الآلات يؤدى إلى عدم الاستفادة الكاملة من ساعات العمل اليومية الخاصة بالأيدى العاملة .

٩ - ١ - ٣ الآلات الأوتوماتيكية :

يستمر هذا النوع من الآلات فى الإنتاج بشكل مستمر ، إذ لا يتوقف عند الإنتهاء من تصنيع مجموعة معينة من المواد الخام ، وإنما يستمر فى تصنيع مجموعه أخرى ، وهكذا ، ولهذا فإن توافر المواد الخام وبشكل مستمر ضرورى لضمان تشغيل هذه الآلات دون توقف ، كذلك فإن تشغيل هذا النوع من الآلات لا يتطلب الإشراف والتواجد المستمر للعمال ، ويتميز هذا النوع بالطاقه الإنتاجية الكبيرة وإمكانيه مواجهه الطلبات الموسمية أو الطارئة دون حاجه إلى تعيين عدد كبير أو إضافى من العمال .

إلا أن تكلفه شراء وتركيب هذه الآلات عادة ماتكون مرتفعة ، ولهذا فإنها لا تستخدم عادة إلا إذا كان حجم الطلب على منتجات المشروع كبيراً ، كذلك عندما تكون مواصفات المنتج غير خاضعة للتغير وتتميز بالثبات .

٩ — ١ — ٤ الأتوماتيكية :

تستخدم هذه الكلمه لوصف بعض النظم الإنتاجيه ، ونلاحظ أحيانا أن البعض يطلق على الميكانيكيه لفظ الأوتوماتيكية رغم وجود فارق كبير بينهما ، ونحن هنا نقصد بالأوتوماتيكية ذلك النظام الإنتاجى الذى تتوافر فيه العناصر التالية :

١ — يتم نقل المواد الخام والمواد النصف مصنعة من مكان عمل إلى آخر أوتوماتيكيا بواسطة سيور أو سلاسل متحركة .

٢ — يتم إدخال المواد الخام إلى الآلات أوتوماتيكياً ، وتتوقف نوع الوسيلة المستخدمة على نوع المادة الخام من ناحية ، وعلى الآلة المستخدمة من ناحية أخرى .

٣ — يتم تصنيع المواد الخام بواسطة الآلات وفقاً لتسلسل إنتاجى محدد وفى مدد زمنية محددة .

٤ — يتم سحب المواد الخام بعد تصنيعها أوتوماتيكا .

٥ — تقوم الآلة بفحص الأجزاء التى تم تصنيعها ، على أن تقوم ذاتياً بفحص أجزائها إذا ماتبين من الفحص الحاجة إلى ذلك ، كأن تسمح الآلة بوقت أطول لأداء العمليه الإنتاجيه . إذا ما تبين للآلة أن الوقت السابق للتشغيل ليس كافياً .

وتؤدى هذه الأتوماتيكية الكاملة للنظام الإنتاجى داخل المشروعات إلى زيادة الحاجه للاقتراب من أماكن توافر المواد الخام ومصادر الطاقة ، وكذلك الاقتراب من الأسواق ، وفى نفس الوقت فإن المشروع لن يتأثر كثيراً .

حيث الموقع الخاص بسوق الأيدى العاملة أو قلة المساحة المطلوبة للتصنيع إذ يمكن هنا وضع الآلات بجوار بعضها البعض بدرجة أكبر مما هو فى حالة وجود آلات نصف أوتوماتيكية والتى تحتاج إلى عدد أكبر من العمال لتشغيلها ، كما أن هذا النظام يؤثر على الهيكل التنظيمى بسبب قلة الأيدى العاملة المستخدمة .

ويؤدى التطور المستمر فى طريقة عمل وتشغيل هذه الآلات إلى تغيير فى المهارات المطلوبة ، الأمر الذى يقتضى ضرورة تدريب العمال بشكل مستمر على كيفية تشغيل الآلات الجديدة ، كما أدى هذا التطور المستمر إلى وجود فائض من الأيدى العاملة فى بعض المهارات ، مع وجود عجز فى بعض المهارات الاخرى .

ويتبين لنا مما سبق أن تحديد درجه اعتماد المشروع على الآلات اليدوية ، أو النصف أو توماتيكية ، أو الاوتوماتيكية ، إنما يتوقف على مجموعة من العوامل أهمها : —

١ — التكلفة اللازمة لشراء وتركيب الآلة .

٢ — معدل الإنتاج فى الساعة أو فى الاسبوع .

٣ — تكلفة الايدى العاملة اللازمة للتشغيل .

٤ — مصاريف الاستهلاك وكذا مصاريف التشغيل .

٥ — إحتمالات التعطل .

٦ — أثر العوامل الموسمية ومدى إستقرار المواصفات الإنتاجية .

٧ — مدى الحاجة إلى وجود مشرفين وتأثير ذلك على التنظيم .

٨ — المساحة المطلوبة .

٩ — مدى ضمان الرقابة على الجودة .

١٠ — مدى التأثير على العلاقات الانسانية والعلاقات العامه للمشروع .

ومثلما قسمنا الآلات من حيث درجة الحاجة إلى تواجد عمال لتشغيلها يمكننا تقسيم الآلات من حيث مدى التنوع فى الوظائف التى يمكن أن تؤديها إلى:

٩ — ١ — ٥ آلات عامة الغرض :

وهى الآلات المعدة لاداء أنواع مختلفة من الاعمال والوظائف كالخرطة مثلا إذ تقوم بتشكيل قطعه من المعدن أو قطعة من الخشب وفقاً لأشكال مختلفة ويتميز هـذا النوع من الآلات بامكانية إستخدامه فى إنتاج أنواع مختلفة من المنتجات عن طريق إجراء عمليات صناعية مختلفة ، وبالتالى يفضل إستخدامه فى المنشآت التى تقـدم منتجات غير نمطية إلى السوق ، ولا تحتاج المنشأة التى تستخدم هذه الآلات إلى إدخال تعديلات جوهرية فى حاله الرغبة فى تطوير المنتجات الحالية أو فى حالة إضافة أصناف جديدة إذ قد يقتضى الأمر فقط إضافة أو تغيير بعض الأجزاء البسيطة التى تدخل فى تركيب هذه الآلات. وأخيراً يتميز هذا النوع من الآلات بانخفاض تـكلفتها إذ تتمكن المصانع المنتجة لهذه الآلات أن تنتج منها كميات كبيرة للسوق وتخزينها إلى حين بيعها للمنشآت الصناعية المختلفة وذلك بسبب إمكانية إستخدامها فى عدة أغراض متنوعة ، ويؤدى هذا إلى إمكانية إنتاجها بتـكلفة أقل وبالتالى إنخفاض أسعارها ، كما أنه يمكن إستغلال طاقة هذه الآلات إستغلالا أمثل ، هذا بالإضافة إلى انخفاض تـكلفة قطع الغيار إذ عادة ما يمكن استخدام قطعه الغيار الواحدة فى أكثر من آلة ، كما يسهل على العمال تشغيل وصيانة هذه الآلات ، إلا أن الإعتراض الأساسى على هذه الآلات أنها بطيئة إلى حد كبير ، كما أنها قد تنتج الأصناف المطلوبة بمستوى جودة أقل مما هو مطلوب .

٩ — ١ — ٦ آلات متخصصة الغرض :

لا يمكن استخدام هذا النوع من الآلات فى غير الغرض الذى صممت من أجله ، وبالتالى فان شراء مثل هذا النوع من الآلات لا يكون مربحا إذا ما حدث أى تغيير فى خصائص المنتج ، إذقد يؤدى ذلك إلى الإستغناء عن الآلة بالكامل ، وعلى العكس يصبح من المربح إستخدام هذه الآلات إذ كان حجم الطلب على منتجات المشروع كبيراً ، إذ عادة ما تكون هذه الآلات كاملة الأتوماتيكية وبالتالى يمكن أستخدامها فى إنتاج كميات كبيرة فى وقت قصير نسبياً ، وتتميز هذه الآلات بارتفاع تكلفة شراؤها من ناحية وإنخفاض قيمتها السوقية إذا ما قرر المشروع إستبدالها من ناحية أخرى .

٩ — ٢ العوامل التى تحكم إختيار الآلة :

يتبين لنا مما سبق أن هناك عوامل عديدة تؤثر فى عملية إختيار نوع الآلة المناسبة للمشروع والتى يمكن إيجاز أهمها فيما يلى :

١ — تكلفة شراء الآلة .

٢ — معدل الإنتاج .

٣ — مدى تأثير شراء الآلة على التوازن الإنتاجى لخط الإنتاج .

٤ — درجة المرونة .

٥ — عدد العمال اللازمين لتشغيل الآلة .

٦ — تكلفة العمالة اللازمة للتشغيل .

٧ — المصاريف الأخرى للتشغيل مثل الإستهلاك ، التأمين ، وغيرها من المصاريف الأخرى الإضافية .

٨ — المساحة المطلوبة .

هذا بالإضافة إلى عوامل أخرى كثيرة ، مثل تصميم المنتج ومدى التغيرات التى قد تحدث فيه ، هذا بالإضافة إلى الصيانة المطلوبة لإبقاء الآلة فى شكل يمكنها من تأدية الأعمال التى خصصت لها ، كذلك يؤخذ فى الحسبان مقدار الضوضاء ومدى تأثيرها على صحة العاملين على تشغيلها ، إذا قد تنبعث درجات حرارة عالية من تشغيل الآلة ، أو قد تحتاج أنواع أخرى إلى درجة حرارة منخفضة ونسبة معينة للرطوبة حتى يمكن تشغيلها .

ولذا فان قيام الإدارة بدراسة هذه العوامل المؤثرة على شراء الآلات ليس بالأمر السهل وإنما يحتاج إلى دراسات دقيقة ، كما أن المشكلة لا تنتهى بانتهاء عمليه الشراء إذ يحتاج المشروع بصفه مستمرة إلى إحلال جانب من الآلات والمعدات بأخرى سواء كانت من نفس النوع أو من أنواع أخرى جديدة وذلك كما سنبين فيما يلى :

٩ — ٣ إستبدال الآلات :

إن القرار الخاص بالإستمرار فى إستخدام الآلات قبل إستبدالها يعتبر من أصعب القرارات التى تواجهه الإدارة وتتوقف قرارت الإستبدال هذه على نوعين من العوامل هما :

١ — قدرة الماكينة على الأداء والإنتاج بالدقة المطلوبة .

٢ — المتطلبات الإقتصادية لعملية الإنتاج .

إذ من الممكن أن تكون الماكينة صالحة من الناحية الفنية وقادرة على الإنتاج فى

حدود الدقة المطلوبة ، ولكنها من الناحية الإقتصادية لا تستطيع أن تنافس مثيلاتها المتطورة نتيجة لتقدم التكنولوجيا المستمر مع الزمن ، ولهذا فإنه من الواجب أن تؤخذ هذه الناحية فى الاعتبار وأن يعاد تقييم معدات وماكينات الشركة من آن لآخر لمعرفة ما إذا كان من الأنسب إقتصاديا الاستغناء عن بعض المعدات المتخلفة واستبدالها بأخرى حديثة .

وقد يقال أن الدول النامية لا يمكنها الاستغناء السريع عن معداتها طالما أن هذه المعدات قادرة على الإنتاج أو الآداء بصورة أو بأخرى وذلك لأن الدول النامية تعتمد أساساً على الاستيراد لسد حاجتها من هذه المعدات المتطورة، وهذا قول له وزنه ولا يمكن أهماله ولكن لا ينبغى جعل هذا الرأى أساساً ثابتاً لسياسة الاحلال للدول النامية إذا أرادت هذه الدول أن تلاحق التقدم التكنولوجى العالمى والخروج عن تخلفها . هذا بالإضافة إلى أن الدول النامية لا تضع خطتها الصناعية لسد حاجة أسواقها المحلية فقط بل تتطلع إلى تصدير منتجاتها للاسواق العالميه ، لذلك يجب على الدول الناميه الإستفادة من الآلات والمعدات الحديثه التى تفى بحدود الدقة والجودة المطلوبه للاسواق العالميه ،كما أن التوسع الصناعى وحتميه التعلم بالدول الناميه تؤدى إلى زيادة تكاليف الأيدى العاملة ،الأمر الذى يتطلب أن تكون الأوساط الصناعية بهذه الدول على بينه تامه بكل ماهو جديد فى ميدان الميكنه الصناعيه والآلات الحديثه التى يمكنها أن تحقق معدلات كبيرة من الإنتاج مع الاستعانه بأقل عدد ممكن من الأيدى العاملة .

وليس من الضرورى أن تقوم الدول الناميه باستبعاد آلاتها القديمه الصالحه للإنتاج من الميدان الصناعى كلية كما تفعل الدول الصناعيه الكبرى بل يمكن تحويلها من الوحدات الإنتاجيه الكبيرة التى تعمل أساساً للتصدير إلى المصانع الصغيرة التى تعتمد فى بيع منتجاتها على الأسواق المحليه .

٩-٣-١ الحاجة إلى دراسة البدائل المتاحة قبل إتخاذ قرار الإحلال :

ولتوضيح ذلك نفترض أن وحدة إنتاجية بمصنع ما فى حاجة إلى عمل ثقوب فى جزء ميكانيكى وفقا لمواصفات تتعلق بمواقع الثقوب وقطر الثقب وحدود الدقة فيه ، وكذلك معدل أداء محدد .... إلخ . وأن تنفيذ ذلك يحتاج إلى مناسبة يتحملها المصنع لعمل الثقوب ، وقرار الاحلال فى هذه الحالة هو دراسة العمليات المختلفة التى يمكن بواسطتها عمل الثقوب المطلوبة وكذلك المعدات اللازمة لكل عملية مع الأخذ فى الاعتبار المعدات المتاحة لدى المصنع ثم إختيار الآلة التى تكون تكاليفها الكلية على مر الزمن أقل ما يمكن .

وهناك بعض الصعوبات فى تحديد كل البدائل الممكنة واللازم دراستها حتى يمكن اتخاذ القرار الأمثل ، وأهم هذه الصعوبات تنحصر عادة فى أن القائم بعملية الدراسة هذا يكون محدود المعرفة بالنسبة للنواحى الفنية المتعلقة بالعملية نفسها .

ففى هذا المثال يفكر القائم بالدراسة أن عملية قطع ثقب تكون عبارة عن تفريغة بازالة الرايش بإستخدام أنواع مختلفة من ماكينات المثقاب ذات قدرات متفاوتة وتكلفة متفاوتة ، ويحاول أن يبنى قراره على إختيار أحسن الماكينات ملائمة وأقلها تكلفة . وهنا يكون الخطأ لأن التفريغ بإزالة الرايش تشمل جزءاً بسيطا من مجموعة البدائل الممكنة مثل أمكانية إستخدام سنابك القص أو أمكانية تفريغ الثقب بإستخدام لهب الأوكس أستلين أو بإستخدام معدات التفريغ الهيكروكيميائى أو بالقص عن طريق التفريغ المغناطيسى إلخ . وقد يكون إختيار أحد هذه البدائل الأخيرة إختياراً إقتصاديا موفقا بالنسبة لحالة المصنع موضوع الدراسة ، ولكن عدم ورود هذه البدائل ضمن جدول التحليل سيحول دون هذا الاختيار الاقتصادى الموفق .

وثمة صعوبة أخرى فى هذا المجال أيضاً تتمثل فى عدم قيام المختص بالتحليل بحصر جميع التباديل والتوافيق المتعلقة بكل البدائل الممكنة التى تضع الصورة كاملة أمام إدارة الشركة لإتخاذ القرار المناسب .

وللتغلب على الصعوبة الأولى يجب أن يقوم المختص باستطلاع رأى الفنيين ومهندس الإنتاج حتى يستطيع أن يأخذ فى أعتباره جميع البدائل الفنية الممكنة لإجراء عملية التشغيل اللازمة . أما بالنسبة للصعوبة الثانية فإن إستخدام طريقة شجرة القرارات يساعد كثيراً فى حصر كل التباديل والتوافيق المتعلقة بالبدائل الممكنة ولتوضيح أهمية شجرة القرارات فى عملية الحصر نورد المثال المبين فى شكل (٩ — ١) .

وبتحديد البدائل المختلفة التى تتعلق بالحالة موضوع الدراسة فان عملية قرار الأحلال هذه تصبح مجرد مقارنة إقتصادية بين مجموعة من البدائل الممكنه. ولكى يتمكن المختص من عمل المقارنة الإقتصادية بطريقة علمية سليمة فانه يلزم بالضرورة تحديد هذه العوامل :

١ — معيار المقارنة .

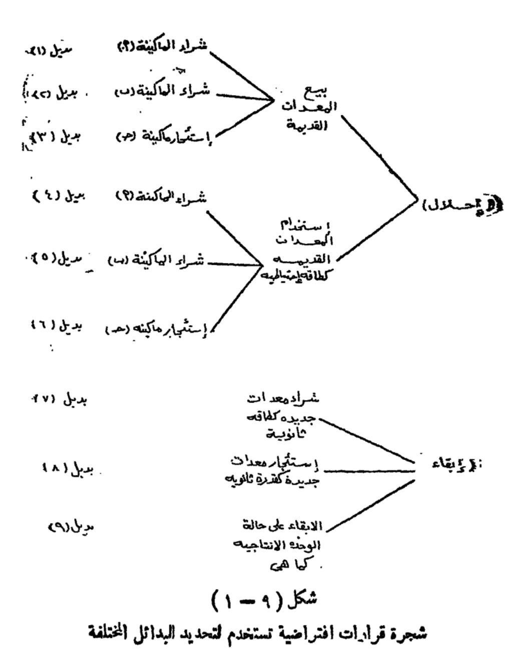
٢ — الفترة الزمنية التى يتخذها المختص أساساً للدراسه .

٣ — العوامل الاخرى التى تخرج عن حساب المكسب والخسارة والتى تتحكم فى إختيار البديل المناسب .

٤ — حجم الإنتاج المتوقع على مر الزمن

٥ — عناصر التكلفة التى تدخل فى المقارنة الإقتصادية .

٦ — تقديرات التكلفة .



شكل (٩ — ١)

شجرة قرارات افتراضية تستخدم لتحديد البدائل المختلفة

وفيما يلى تحليل موجز لهذه العوامل لتوضيح أهمية كل عامل منها فى عملية إتخاذ قرار الإحلال :

٩ - ٣ - ١ - ١ معيار المقارنة :

معايير المقارنة الاقتصادية عبارة عن مقاييس تستخدم للتقييم الإقتصادى للبدائل المختلفة مثل :

(أ) الربح Profit

(ب) معدل العائد على الإستثمار Rate of Return on Investements

(ح) التكاليف الكلية Total Cost

(ى) متوسط التكاليف لفترة زمنية محددة Average Cost

(ﻫ) فترة إسترداد رأس المال Pay Back Period

ويفضل إستخدام الربح ومعدل العائد كمياران للمقارنة فى كثير من الأحوال حيث يشمل هذان المعياران معظم الخصائص التى تتطلبها الشركات الصناعية، ولكن إستخدام أى منهما يتطلب أن يحدد القائم بالتحليل العائد المتوقع الذى يمكن أن ينتج من كل واحد من البدائل المختلفة على حدة ،إلا أنه فى معظم حالات قرارات الإحلال يكون الحصول على هذه البيانات غاية فى الصعوبة بالإضافة إلا أنها قد تكون غير دقيقة ويشوبها الكثير من الشك فى حالة تقديرها . وعلى سبيل المثال أرادت شركة ما إحلال ماكينة مثقاب عادية بإحدى الماكينات الآتية :

(أ) ماكينة مثقاب حديثة ذات سرعة عالية .

(ب) ماكينة مثقاب مجهزة بجهاز تحكم آلى يتلق أوامر التشغيل على شريط مثقب .

(حـ) ماكينة إنتاج ثقوب بها مجموعة مثاقيب تعمل فى وقت واحد .

فإنه يصعب على القائم بالتحليل تقدير الزيادة فى دخل الشركة نتيجة لاختيار كل واحد من البدائل الثلاثة وذلك لأن العلاقة بين دخل الشركة ككل وبين إضافة أية واحدة من هذه الماكينات علاقة غير مباشرة وواهيه للغاية . أما فى الحالات التى يكون فيها علاقة مباشرة وقوية بين دخل الشركة وإضافة المعدات الجديدة مثل تغيير خط إنتاج كامل بالشركة المذكورة أو إحلال مجموعة من سيارات النقل فى إحدى شركات النقل بالسيارات أو إحلال طائرة فى إحدى شركات الطيران ، فإن إستخدام أيا من الربح أو معدل العائد كمعيار للمقارنة يكون مفيداً ويفضل على غيره من المعايير .

أما معايير متوسط التكاليف أو مجمل التكاليف فإنها من أهم معايير التقييم التى تستخدم فى حالة قرارات الإحلال وذلك لسهولة العمليات الرياضية التى يتطلبها الحل فى حالة إستخدامها إلا أن هذه السهولة تكون قطعاً على حساب توخى الدقة فى القرار ، أما إذا كانت المعدات المتعلقة بالقرار تستهلك على فترة قصيرة (لا تزيد على عامين) فإن إستخدام معايير متوسط أو مجمل التكاليف يكون مناسباً جداً ويكون القرار على درجة معقولة من الدقة .

وفترة إسترداد رأس المال المستثمر هى عبارة عن المدة الزمنية اللازمة لتغطية الإستثمارات المستخدمة فى شراء المعدات ويهمل بعد ذلك أية ربحية تنتج عن الآلة ، وتستخدم بكفاءة عالية فى حالات قرارات الإحلال البسيطة لسهولة العمليات الحسابية فضلا عن بساطتها .

٩ - ٣ - ١ - ٢ الأفق الزمنى المتخذ أساساً للمقارنة :

وهو الزمن المتوقع لعمر المعدات داخل المصنع أو بمعنى آخر هو فترة الحاجة

الفعلية لهذه المعدلات قبل أن تنتهى الضرورة التى أدت إلى شرائها أو قبل أن يظهر فى الأسواق معدات حديثة تجعل إستمرار وجود هذه المعدات بالمصنع أمر غير إقتصادى .

٩ - ٣ - ١ - ٣ العوامل الأخرى التى تخرج عن حساب المكسب والخسارة :

يمكن حصر بعض العوامل التى قد تؤثر فى إتخاذ قرارات الإحلال كما يلى :

١ — عوامل تتعلق بسياسة الحكومة :

(أ) سياسة التصدير والإستيراد .

(ب) التضخم وتثبيت الأسعار .

(حـ) نظام الضرائب .

(د) القوانين التى تحدد ترقية ونقل وإستبدال العاملين .

٢ — عدم التأكد من ثبات الربح الحدى .

من المعروف أن إدرات الشركات تميل إلى التحفظ فى إتخاذ القرارات التى تحفها المخاطر .

٣ — تطور التكنولوجيا .

إذ يقود التطور السريع فى التكنولوجيا الخاصة بتصنيع الآلات إلى اختيار البدائل التى تكون فترة إسترداد رأس المال المستثمر فيها أقل ما يمكن .

٤ — مقدار المبالغ المتاحة للاستثمار فى شراء المعدات والماكينات الجديدة .

٥ — إستعداد العاملين التطور لمسايرة التقدم التكنولوجى الذى تحتويه المعدات الجديدة .

٩—٣—١—٤ حجم الإنتاج المتوقع على مر الزمن :

هذا العامل له أهمية خاصة عندما تكون المعدات اللازمة من نوع المعدات أو الماكينات التى تستخدم فى أغراض خاصة مثل الماكينات التى تصمم خصيصاً لتؤدى مجموعة من عمليات التشغيل على منتج ما بطريقة آلية وسريعة ولكنها ليست من المرونة بحيث تستخدم لأغراض أخرى لعمل منتجات أخرى ولو بها إختلاف طفيف وفى مثل هذه الحالات غالباً ما تكون هناك معدات نصف متخصصة وليس لها المقدرة الإنتاجية الكبيرة التى تمتاز بها المعدات المتخصصة إلا أن مرونتها وإمكانية إستخدامها فى أغراض أخرى فى المستقبل قد يجعل إختيارها أكثر توفيقاوهذا بطبيعة الحال يخضع لحجم الإنتاج وطبيعته بالشركة.

٩—٣—١—٥ عناصر التكلفة :

يصاحب وجود الآلات والمعدات بالمصنع تناقص تدريجى مستمر فى قيمتها الإقتصادية نتيجة لتآكل أجزائها ونتيجة لقدمها ، وهذا مايعرف بأهلاك القيمة وهذا الاهلاك قد يختلف إختلافا بينا عن الاهلاك الذى يدرج بسجلات إدارة التكاليف .

إذ قد يكون هناك فرق كبير بين القيمة الدفترية للآلة وصافى القيمة التى تعطى لإمكانية إستخدامها فى المستقبل .

وثمة عامل تكلفة آخر يجب أخذه فى الاعتبار عند القيام بدراسة إحلال ماكينة بأخرى هو مدى إمكانية الاعتماد على صلاحية الماكينة للعمل، فمن الطبيعى أن فترات تعطيل الماكينة القديمة تكون أطول وأكثر تعاقباً من الماكينة الجديدة وبذلك يقتضى الأمر أن تضاف تكلفة إضافية على عاتق الماكينة القديمة تمثل الخساره الناتجة عن كثرة تعطلها وذلك عند مقارنتها بالماكينة الجديدة

وفى حالة ما إذا أريد ثبات معدل الإنتاج فإن هذه التكلفة الإضافية تتمثل فى إستئجار أو شراء ماكينة إضافية لتكون جاهزة للعمل فى حالة توقف الماكينة القديمة عن العمل فجأة .

٩—٣—١—٦ تقديرات التكلفة :

تقدير التكلفة يمثل جزءاً رئيسيا فى تكوين نموذج الاحلال وكلما كان هذا التقدير دقيقا كلما كان القرار موفقا، ويعتمد هذا التقدير على البيانات الناتجة عن ظروف التشغيل فى الماضى وكذلك ظروف التشغيل والإنتاج والتسويق المحيطة بالمصنع موضوع الدراسة ، وهناك كثير من الوسائل الإحصائية التى تمكن القائم بالدراسة من تحديد التقدير المناسب لعناصر التكلفة التى تدخل فى نموذج الاحلال .

٩—٣—٢ الصعوبات التى تصاحب دراسات الاحلال :

هناك مجموعة من الصعوبات التى تصاحب عملية الإحلال نذكر أهمها فيما يلى :

١ — لما كان مقدار الإهلاك السنوى الذى يخصم من قيمة المعدات يعتمد أساسا على العمر المقدر لهذه المعدات فان عامل تخلف المعدات نتيجة لظهور معدات أحدث فى الأسواق بالإضافة إلى عوامل أخرى منها، سياسة الحكومات والحد من الإستيراد فى الدول النامية ، يجعل تقدير العمر الفعلى للمعدات غاية فى الصعوبة وكثيراً ما يأتى غير ملائم نتيجة للتغيرات المفاجئة فى سياسة الدول النامية .

٢ — قد يوجد بعض الشك فى دقة عوامل التكلفة التى توجد فى نموذج الاحلال حيث أن معظم الشركات لا يظهر فى سجلاتها مفردات التكلفة لكل ماكينة أو آلة على حدة .

٣ — عادة ما يتم تقدير كثير من عوامل التكلفة مثل الإصلاحات والصيانة خاصة بالنسبة للماكينات الجديدة ولكى تزداد دقة التقدير يلزم الإستعانة

بالشركات المماثلة أو المؤسسات التى بها ماكينات مشابهة والتى تعمل فى ظروف تشغيل مماثلة .

٤ — إفتراض أن الماكينة الجديدة سوف تعمل طوال الوقت (١٠٠٪) ليس بالأمر السليم فى بعض الأحيان ، لذا يجب أن يكون التحليل طبقاً لإحدى الأسس الآتية :

(أ) تقدير أيام التشغيل الفعلية فى العام .

(ب) وضع الحسابات على أساس إنتاج عدد محدد من القطع فى العام .

(ج) تعديل نسبه التشغيل المائة فى المائة (١٠٠٪) لتصبح ٧٠٪ و ٨٠٪ مثلا على حسب ظروف التشغيل فى الماضى .

٥ — أغفال بعض عناصر التكلفة (سهوا أو لعدم القدرة على أخذها فى الاعتبار لعدم توافر البيانات) التى تدخل ضمن القرار مثل حساب القدرة الكهربية أو المواد غير المباشرة (الزيوت والشحومات والمهمات الأخرى) ... إلخ قد يتسبب فى إختيار غير موفق .

٦ — القبول المطلق لبيانات وأرقام إدارة التكاليف والحسابات التى غالباً ماتقدر المصاريف الإضافية كنسبة من الأجور المباشرة مما يؤدى إلى عدم دقة نموذج إتخاذ القرار خصوصاً أن إضافة ماكينة جديدة سينتج عنه حتما تغيير نسبة المصاريف الإضافية الثابتة ، ولتلافى هذا الخطأ يجب تحليل بنود المصاريف الإضافية الواردة بنداً بنداً وتعديل أى بند حسب الموقف الجديد الذى سينتج بعد إضافة المعدات الجديدة .

٧ — يجب البعد كلية عن التطبيق الأعمى للقوانين والعلاقات الرياضية

المستنتجة من البحوث الميدانيه والتجارب السابقه لأن هذه العلاقات التى استنتجت من حالة معينة قد لا تنطبق على حالة أخرى حتى ولو كانت المعدات واحدة فى الحالتين ، وذلك لأن إستنتاج العلاقات الرياضية يستدعى وضع فروض خاصة لطبيعة التغيير فى عوامل التكلفة ، وهذه العوامل قلما تنطبق على حالة أخرى غير الحالة الأصلية التى استنتجت منها ، ولذا يجب إستخدام هذه النماذج الرياضية بحذر أو يجب الاستعانة بالمتخصصين لتحديلها بما يتلائم مع ظروف المشروع محل الدراسه .

٩ — ٣ — ٣ أمثلة توضيح قرارات الإحلال :

٩ — ٣ — ٣ — ١ مثال :

يقوم قسم مافى إحدى الشركات بصناعة بعض الأجزاء الميكانيكية التى تباع فى الأسواق وهى مطلية بطبقة من الكروم ، وهذا النوع من الطلاء يتطلب ان يكون السطح نظيفاً خالياً من أية آثار للزيوت أو الصدأ . لذلك يلزم غسل هذه القطع جيداً لإزالة كل آثار زيوت القطع بعد عمليات الخراطة، وتستخدم الشركة أحواض غسل يدوية لهذا الغرض .

وقد ظهرت فى الأسواق ماكينة صغيرة تقوم بعملية إزاله الشحوم والزيوت بطريقة نصف آلية وقد طلب مدير الإنتاج من الباحث الأول بالإدارة عمل مقارنة إقتصادية بين المعدات القديمة والمعدات الحديثة بهدف إتخاذ قرار أما بالإبقاء على المعدات الحالية أو إستبدالها بالمعدات الحديثة ، وقد حدد الباحث الأول العوامل التى يجب أخذها فى الحسبان عند إجراء المقارنة المطلوبة كالآتى :

(أ) المصاريف الرأسمالية (الإستثمارات) . (ب) العمالة المباشرة .

(حـ) المهمات والمصاريف الغير مباشرة .

وتم تحليل كل عامل من العوامل الثلاثة السابقة كما فى جدول رقم (٩ — ١) .

جدول رقم (٩ — ١) بالجنيهات

عنصر التكلفة	تكاليف الغسالة الحالية في يوم	تكاليف الغسالة المقترحة في اليوم	الوفر المتوقع في اليوم
«ا» الإستثمار	—	٢٠٠٠٠	-(٢٠٠٠٠)
«ب» العمالة المباشرة :			
١ - عمال الغسيل (١٥٤ ساعة عمل بمعدل ٢٥ قرشا للساعة)	٣٨٫٥		
* عمال الغسيل (١٤ ساعة عمل بمعدل ٢٥ قرشا للساعة)		٣٫٥	٣٥
٢ - عمال نقل الموارد الأحواض (٤٢ ساعة عمل × ٠٫٣٥)	١٤٫٧	—	١٤٫٧
إجمالى العمالة المباشرة	٥٣٫٢	٣٫٥	٤٩٫٧
«ج» المهمات والمصاريف غير المباشرة :			
١ - مواد الغسيل	٧٥	—	٧٥
٢ - ميـــاه	٥	١٥	— (١٠)
٣ - بخار وهواء مضغوط	١٥٠	١٧٫٥	١٣٢٫٥
٤ - قدرة كهربائية	٢٥	٥	٢٠
٥ - وقود (سولار)	١٥	—	١٥
٦ - صيانة	٢٠	٥	١٥
٧ - إضافات مذيب الشحوم	—	١٠٠	١٠٠
إجمالى المهمات والمصاريف غير المباشرة	١٩٠	١٤٢٫٥	١٤٧٫٥
إجمالى التكلفة بند «ب» + «ج»	٢٤٣٫٢	١٤٦٫٠	١٩٧٫٢

وبذلك يكون الوفر المتوقع فى اليوم مساوياً ١٩٧,٢ جنيهاً وذلك مقابل زيادة فى رأس المال المستثمر قدرها ٢٠٠٠٠ جنيها ، وبالتالى يمكن إسترداد رأس المال المستثمر فى ١٠٢ يوماً تقريباً .

$$\text{إذا أن فترة الإسترداد} = \frac{٢٠٠٠٠}{١٩٧٫٢} = ١٠١٫٤٢ \text{ يوماً تقريباً}$$

وبالتالى إذا زاد العمر الإنتاجى للآلة عن ١٠٢ يوماً فيعد هذا ربحاً يحققه المشروع من جراء قرار الإستبدال ، فإذا علم بأن هذه الغسالة الأتوماتيكية يمكن تشغيلها بصورة إقتصادية لمدة ١٠ سنوات فإن ذلك يعنى أن الإستثمار فى هذه المعدات الجديدة يعد أمراً مربحاً للغاية .

إلا أن المقارنة السابقة أغفلت عنصراً هاماً وهو تكلفة رأس المال المستثمر، إذ يؤدى شراء الآلة الجديدة إلى إستثمار ٢٠٠٠٠ جنيهاً الأمر الذى يضيع على المشروع فرصة إستثمارها فى نواحى أخرى بديلة وبالتالى ضياع أرباح كان من الممكن للمشروع تحقيقها وتسمى هذه التكلفة بنفقة الفرصة البديلة (أو تكلفة الفرصة البديلة) إلا أن تكلفة الفرصة البديلة هذه تتناقص عاماً بعد آخر بسبب نقص قيمة الآلة أى نقص مقدار رأس المال المستثمر سنة بعد أخرى، إذ بمجرد شراء الآلة وإستخدامها فى العملية الإنتاجية يتم عمل نموذج إستهلاكى معين يعكس النقص المتوقع فى قيمة الآلة سنة بعد الأخرى ، وقد يستخدم فى هذا الصدد معدل الإستهلاك المنتظم والذى يتم تحديده بقسمة ثمن الآلة على عدد سنوات تشغيلها المتوقعة فيتم بذلك تحديد القسط المتساوى للإستهلاك السنوى للآلة خلال عمرها الإنتاجى .

وإذا أخذ بنظام معدل الإستهلاك المنتظم فإنه يمكن حساب تكلفة رأس

المال المستثمر أو بمعنى آخر تكلفة الفرصة البديلة كالآتى :

نفرض أن رأس المال المستثمر ا

سعر الفائدة ف

العمر الإنتاجى للآلة ن

وفيما يلى نبين رأس المال المستثمر فى كل عام وكذا تكلفة الفرصة البديلة المقابلة لها وذلك كما فى جدول رقم (٩—٢)

جدول رقم (٩—٢)

السنة	رأس المال المستثمر	تكلفة رأس المال المستثمر
١	ا	ا ف
٢	$ا - \frac{ا}{ن} = ا(١ - \frac{١}{ن})$	$ا(١ - \frac{١}{ن})$ ف
٣	$ا - \frac{٢ا}{ن} = ا(١ - \frac{٢}{ن})$	$ا(١ - \frac{٢}{ن})$ ف
:		
:		
ن—١	$ا - \frac{(ن-٢)ا}{ن} = \frac{(نا - نا + ٢ا)}{ن} = \frac{٢ا}{ن}$	$\frac{٢اف}{ن}$
ن	$ا - \frac{(ن-٢)ا}{ن} = \frac{نا - نا + ا}{ن} = \frac{ا}{ن}$	$\frac{اف}{ن}$

وبذا يتناقص رأس المال المستثمر كل عام بمقدار $\frac{ا}{ن}$ ويقابله نقص فى تكلفة رأس المال المستثمر بمقدار $\frac{اف}{ن}$ وبذا فإنه يمكن حساب متوسط الفائدة السنوية

$$\text{متوسط الفائدة السنوية} = \frac{1}{2}\left(اف + \frac{اف}{ن}\right)$$

$$= \frac{اف}{2}\left(1 + \frac{1}{ن}\right)$$

$$= \frac{اف}{2}\left(\frac{ن+1}{ن}\right)$$

ولإيضاح ذلك نعود إلى المثال السابق (مثال ٩-٣-٣-١) فنجد أن رأس المــــال المستثمر ٢٠٠٠٠ جنيها وأن العمر الإقتصادى للآلة هو ١٠ سنوات تصبح قيمة الآلة بعدها صفراً ، فإذا إعتبرنا أن رأس المال يستهلك بمعدل ثابت سنوياً ، فإن مقدار رأس المال المستثمر وكذا الفائدة المقابلة تصبح كما فى جدول رقم (٩-٣) .

وتكون مجموع الفوائد = ١١٠٠٠ جنيها

$$\text{وتكون متوسط التكلفة السنوية} = \frac{11000}{10} = 1100 \text{ ج}$$

ويمكن الوصول إلى التكلفة المتوسطة السنوية دون حاجة إلى إيجاد مجموع الفوائد بإستخدام القانون المذكور ، وذلك كما يلى :

$$\text{متوسط الفائدة السنوية} = \frac{اف}{2}\left(\frac{ن+1}{ن}\right)$$

جدول رقم (٩-٣) بالجنيهات

السنة	القيمة الدفترية	القسط السنوى للإستهلاك	الفائدة بواقع ١٠٪
١	٢٠٠٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠
٢	١٨٠٠٠	٢٠٠٠	١٨٠٠
٣	١٦٠٠٠	٢٠٠٠	١٦٠٠
٤	١٤٠٠٠	٢٠٠٠	١٤٠٠
٥	١٢٠٠٠	٢٠٠٠	١٢٠٠
٦	١٠٠٠٠	٢٠٠٠	١٠٠٠
٧	٨٠٠٠	٢٠٠٠	٨٠٠
٨	٦٠٠٠	٢٠٠٠	٦٠٠
٩	٤٠٠٠	٢٠٠٠	٤٠٠
١٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠

$$= \frac{٢٠{,}٠٠٠ \times ١٠\%}{٢} \left(\frac{١ + ١٠}{١٠}\right)$$

$$= ١٠٠٠ \times \frac{١١}{١٠} \; ١١٠٠ \text{ ج}$$

وعلى هذا الأساس يجب إعادة حساب فترة الإسترداد فى مثال رقم (٩-٢-٣-١) حتى يمكن أخذ تكلفة رأس المال المستثمر فى الحسبان وذلك كما يلى :

متوسط الفائدة = ١١٠٠ جنيهاً .

∴ متوسط الفائدة فى اليوم (بفرض أن السنة ٢٧٥ يوم عمل فقط)

$$= \frac{١١٠٠}{٢٧٥} = ٤ \text{ جنيهاً}$$

وبذلك يصبح مقدار الوفر اليومى فى مثال (٩ - ٢ - ٣ - ١) نتيجة شراء الغسالة المقترحة مساوياً .

$$١٩٧{,}٢ - ٤ = ١٩٣{,}٢$$

ويكون فترة الإسترداد $= \frac{٢٠٠٠٠}{١٩٣{,}٢} = ١٠٣{,}٥$ يوماً تقريباً .

ولنشير هنا إلى أنه فى المثال السابق تم تحديد الوفورات فى تكلفة العمالة المباشرة وكذا المهمات والمصاريف الغير مباشرة ثم مقارنة هذه الوفورات بالزيادة المقابلة فى الأموال المستثمرة لتحديد فترة الإسترداد ، إلا أنه يعيب على فترة الإسترداد كأساس لإتخاذ قرار الإستبدال بأنها تهمل الفائض الذى يتحقق بعد فترة الإسترداد هذه ، إذ قد تتاح لإدارة المشروع فرصة إستبدال الآلة الحالية بإحدى آلتين (ا) أو (ب) وإذا كانت فترة إسترداد الآلة (ا) خمس سنوات بينما فترة إسترداد الآلة (ب) ثمان سنوات فإنه يفضل إستبدال الآلة الحالية بالآلة (ا) رغم أن هذا القرار قد يكون قرار غير سليم إذ ما تبين أن الآلة (ا) لاتحقق أية وفورات تذكر بعد الخمس سنوات ، علماً بأن الآلة (ب) تستمر فى تقديم وفورات ولمدة طويلة بعد فترة إسترداد الأموال المستثمرة وهى ثمان سنوات .

ولذلك قد تتم المقارنة بين البدائل المختلفة على أساس المقارنة الكاملة بين المصاريف الرأسمالية ومصاريف التشغيل لكل بديل من البدائل المطروحة وخلال

فترة المقارنة لتحديد البديل الأمثل . ويلزم لإجراء هذه المقارنة توزيع رأس المال المستثمر على سنوات المقارنة ويتم ذلك بإختيار النموذج الملائم لإستهلاك الآلة ، ولذا سوف نبين أولا كيفية تحديد مقدار القسط السنوى الذى يعكس الإستهلاك المتوقع فى قيمة الآلة من ناحية وكذلك تكلفة رأس المال (نفقة الفرص البديلة) من ناحية أخرى وذلك كما يلى :

٩ — ٣ — ٣—٢ مثال :

نفرض أن تكلفة شراء الآلة ٧٠٠٠ جنيهاً وكان العمر الإنتاجى المتوقع لها ٦ سنوات ويمكن بيع الآلة فى نهاية الستة سنوات بحوالى ١٠٠٠ جنيهاً ، فإذا إستخدم معدل إستهلاك ثابت ، كان معنى ذلك أن :

$$\text{قسط الإستهلاك السنوى} = \frac{٧٠٠٠ - ١٠٠٠}{٦} = ١٠٠٠ \text{ جنيهاً .}$$

وإذا كان معدل الفائدة ٨ ٪ فإن الفائدة المستحقة فى العام الأول ٧٠٠٠ × ٨ ٪ = ٥٦٠ جنيهاً ، وفى السنة الثانية ٦٠٠٠ × ٨ ٪ = ٤٨٠ جنيهاً .

وهكذا لباقى السنوات ، ونبين فى جدول رقم (٩ - ٤) رأس المال المسترد وكذا تكلفة رأس المال المستحقة فى كل عام .

إلا أن الفوائد المحسوبة بهذه الطريقة هى فوائد بسيطة وليست مركبة ، إذ قد تضاف الفائدة المستحقة إلى الأصل فى نهاية كل سنة وبالتالى يزداد الأصل فى نهاية كل سنة وبالتالى الفائدة المستحقة عن تلك الوحدة الزمنية ، فإذا إفترضنا أن .

ا = الأموال المستثمرة فى شراء الآلة عند بداية الفترة محل الدراسة .

جدول رقم (٩-٤)

السنة	رأس المال المسترد	رأس المال الغير مسترد في بداية كل عام	الفائدة على رأس المال الغير مسترد	رأس المال المسترد + الفائدة
١	١٠٠٠	٧٠٠٠	٥٦٠	١٥٦٠
٢	١٠٠٠	٦٠٠٠	٤٨٠	١٤٨٠
٣	١٠٠٠	٥٠٠٠	٤٠٠	١٤٠٠
٤	١٠٠٠	٤٠٠٠	٣٢٠	١٣٢٠
٥	١٠٠٠	٣٠٠٠	٢٤٠	١٢٤٠
٦	١٠٠٠	٢٠٠٠	١٦٠	١١٦٠

ف = معدل الفائدة السائد .

ن = الفترة الزمنية للدراسة وهي عادة ماترتبط بالعمر الإنتاجي للآلة .

ح = الجملة التي تؤول إليها الأموال المستثمرة في نهاية الفترة .

إذاً جملة الأموال المستثمرة في نهاية السنة الأولى = ا (١+ف)

« « « « « « « « الثانية = ا (١+ف)(١+ف)

= ا (١ + ف)^{٢}

إذا جملة الأموال المستثمرة فى نهاية السنة الثالثة $= ١ (١ + ف)^{٢} (١ + ف)$

$= ١ (١ + ف)^{٣}$

:

:

« « « « « « ن $= ١ (١ + ف)^{ن}$

$\therefore ح = ١ (١ + ف)^{ن}$ (١)

ومنها $١ = \frac{ح}{(١ + ف)^{ن}}$ (٢)

وإذا إفترضنا أنه للحصول على القيمة (ح) فى نهاية الفترة ن سوف يتم دفع أقساط سنوية فى نهاية كل سنة قيمتها $١'$ إذا :

$ح = ١' + ١' (١ + ف) + ١' (١ + ف)^{٢} + \dots$

$+ ١' (١ + ف)^{ن - ١}$

أى تصبح (ح) فى هذه الحالة مجموع متوالية هندسية عـدد حدودها (ن)، وحدهـا الأول ($١'$) وأساسهـا (١ + ف) ، وبذا فإن قيمـة (ح) تصبح كما يلى :

$$ح = \frac{١' [(١ + ف)^{ن} - ١]}{ف} \quad (٣)$$

وبالتالى :

$$١' = ح \left[\frac{ف}{(١ + ف)^{ن} - ١} \right] \quad (٤)$$

وبالتعويض عن قيمة (ح) كما فى (٢) فإن (٤) تصبح كما يلى :

$$أ' = أ(١ + ف)^{ن} \left(\frac{ف}{(١ + ف)^{ن} - ١} \right)$$

$$\therefore أ' = أ \left(\frac{ف(١ + ف)^{ن}}{(١ + ف)^{ن} - ١} \right) \qquad (٥)$$

وبالتالى فان أ' تعبر عن القسط السنوى اللازم لإسترداد الأموال المستثمرة (أ) خلال فترة زمنية مقدارها ن من السنوات وبسعر فائدة سنوى مقداره ف .

وهناك جداول رياضية يمكن أن تستخرج منها القيمة $\frac{ف(١ + ف)^{ن}}{(١ + ف)^{ن} - ١}$ مباشرة .

وبالإنتهاء من بيان كيفية حساب القسط السنوى خلال الفترة الإنتاجية ن واللازم لإسترداد رأس المال المستثمر وكذا الفائدة المستحقة عليه نعود لنوضح كيفية إجراء المقارنة اللازمة لإتخاذ قرار الإستبدال على أساس المقارنة السنوية للتكاليف الكلية بما فيها التكاليف الرأسمالية لكل بديل من البدائل محل الدراسة وذلك كما يلى :

٩ — ٣ — ٤ نموذج الإحلال الأساسى :

كثير ما تختلف قيمة الآلة الدفترية عن قيمتها السوقية الأمر الذى قد يؤدى إلى وجود ربح رأسمالى فى حالة زيادة القيمة السوقية عن القيمة الدفترية أو على العكس وجود خسارة رأسمالية إذا إنخفضت القيمة السوقية عن القيمة الدفترية وتحدث هذه الحالة الأخيرة إذا ما كانت هناك رغبة فى إحلال الآلة قبل المدة

الخاصة بعمرها الإنتاجى . ونشير هنا إلى أنه لايجب تحميل هذه الخسارة الرأسمالية على الآلة الجديدة إذيؤدى ذلك إلى تحميل الآله الجديدةبالخسائرالخاصة بقرار سابق .

ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى :

<u>٩—٣— ٦ — ١ مثال :</u>

إشترت شركة النصر الآلة (أ) بـ ٢٢٠٠٠ جنيهاً من ستة سنوات سابقة ، وكان العمر الإنتاجى المقدر لها فى ذلك الوقت هو عشر سنوات على أن تباع فى نهاية المدة بمبلغ ٢٠٠٠ جنيهاً . فإذا تم إستخدام قسط إستهلاك متساوى ، كان معنى ذلك أن قيمة الآلة الدفترية هى ١٠٠٠٠ جنيهاً (٢٢٠٠٠ — ٢٠٠٠×٦ = ١٠٠٠٠) ، وكانت مصاريف التشغيل السنوية للآلة ٨٠٠٠ جنيهاً . فاذا فكرت الشركة حالياً فى إحلال آلة جديدة (ب) محل الآلة (أ) ، فإن القيمة السوقية للآلة (أ) هى ٤٠٠٠ جنيهاً فقط ، كما أن ثمن شراء الآلة (ب) هو ٣٠٠٠٠ جنيهاً وفى مقابل ذلك فان مصاريف التشغيل السنوية الخاصة بها ٣٠٠٠ جنيهاً فقط . وكان العمر الإنتاجى المتوقع الآلة (ب) هو ١٠ سنوات على أن تكون قيمتها السوقية صفراً فى نهاية هذه المدة . فاذاكان سعر الفائده السائد فى السوق هو ١٠ ٪ ، فهل يفضل إحلال الآلة (أ) بالآلة (ب) أم لا ؟

الحـــل :

يتوقف القرار الخاص بالإحلال على كيفية معالجة الخسارة الرأسمالية الخاصة بالآلة (أ) إذ أن القيمة الدفترية لها ١٠٠٠٠ جنيهاً ، فى مقابل قيمة سوقية ٤٠٠٠ جنيهاً فقط . ونشير هنا إلى أن القرار الصحيح يقتضى إهمال هذه الخسارة عند التفكير فى الإحلال ، إذ يجب على إدارة المشروع عند إتخاذ قرار الإحلال

هذا أن تنظر للموضوع كما لو كانت طرف خارجى ترغب فى إقتناء أحد الآلتين (أ) أو (ب) أى يتم المقارنة على أساس تكاليف إقتناء وتشغيل كل من الآلتين فى المستقبل وبالتالى تكون المقارنة على أساس وجهة النظر الخارجية كما يلى : —

المصاريف السنوية للإبقاء على الآلة (أ)

$$= ٨٠٠٠ + ٢٠٠٠ \times ١٠\% + (٤٠٠٠ - ٢٠٠٠) \cdot \left(\frac{١٠\% \, (١ - ٤\%)^{٤}}{(١ + ١٠\%)^{٤} - ١}\right)$$

$$= ٨٠٠٠ + ٢٠٠ + ٢٠٠٠ \times ٣١٥٥و.$$

$$= ٨٨٣١ \text{ جنيهاً}$$

ويمكن توضيح ذلك فيما يلى

- مصاريف تشغيل سنوية ٨٠٠٠ جنيهاً

- للابقاء على الآلة (أ) يتحمل المشروع مبلغ ٤٠٠٠ جنيهاً ويسترد منها ٢٠٠٠ جنيهاً قيمة الآلة فى نهاية المدة أى بعد أربع سنوات، أى يجب تقسيم هذا المبلغ إلى قسمين :

- مبلغ ٢٠٠٠ تم دفعها حالياً وتسترد بعد ٤ سنوات وبالتالى يجب تحميل كل سنة من السنوات التشغيل الأربع بالفائدة السنوية المستحقة على هذه الأموال بواقع ١٠٪ سنوياً .

- مبلغ ٢٠٠٠ يتم دفعها حالياً دون إسترداها فى نهاية الفترة ، ولذا يجب تحميلها على أربع أقساط سنوية مستخدمين المعادلة رقم (٥) السابق بيانها والتى تحدد القسط السنوى كما يلى :

القسط السنوى = المبلغ المستثمر $\left(\frac{ف (١ + ف)^ن}{(١ + ف)^ن - ١} \right)$

هذا ويمكن تحديد المقدار فى الطرف الأيسر للمعادلة باستخدام جداول رياضية لكل قيم ف ، ن

وتكون التكلفة السنوية للإبقاء على الآلة (ب)

$$= ٣٠٠٠ + ٣٠٠٠٠ \left[\frac{١٠٪ (١ + ١٠٪)^{١٠}}{(١ + ١٠٪)^{١٠} - ١} \right]$$

$$= ٣٠٠٠ + ٤٨٨٣$$

$$= ٧٨٨٣ \text{ جنيهاً}$$

٩-٣-٥ كيفية معالجة الإختلاف فى العمر الإنتاجى للآلات محل الدراسة :

كثيراً ما يمتد العمر الإنتاجى للآلة الجديدة لمدة أطول من العمر الإنتاجى المتبقى للآلة القديمة المطلوب إحلالها ، ويلزم هنا تحديد فترة كأساس للدراسة يتم فيها مقارنة المصاريف الخاصة بكل بديل من البدائل مع إهمال المصاريف المتوقعة بعد فترة الدراسة أو قد تؤخذ هذه المصاريف فى الحسبان وذلك كما فى المثال التالى :

٩-٣-٥-١ مثال :

إذا كانت القيمة السوقية للآلة (أ) فى شركة النصر هو ٥٠٠ جنيها ، وينتظر أن تستمر الآلة (أ) فى العمل لمدة عامين قادمين وينتظر ألا يكون لها قيمة سوقية فى نهاية تلك المدة ، وكانت مصاريف التشغيل السنوية ١٠٠٠ جنيها . ويمكن للشركة إحلال الآلة (أ) بالآلة (ب) فى نهاية السنتين وذلك مقابل

٢٠٠٠٠ والعمر الإنتاجي المتوقع للالة (حـ) ٨ سنوات وليس لها قيمة سوقية في نهاية تلك المدة ، كما أن مصاريف التشغيل السنوية المتوقعة هي ٦٠٠ جنيها.

ومن ناحية أخرى يمكن لشركة النصر إحلال الآلة (أ) فوريا بالآلة (حـ) والتي يمكن شراؤها بـ ١١٠٠٠ جنيها وينتظر أن يستمر عمرها الإنتاجي ٦ سنوات وتقدر مصاريف التشغيل السنوية بـ ٨٠٠ جنيها وليس للالة قيمة في نهاية المدة.

ويمكن إجمالي البيانات السابقة في جدول رقم (٥)، ونظرا لإختلاف فترة التشغيل لكل من البديلين ، يتم إختيار فترة كأساس للدراسة ولتكن ٦ سنوات وهي العمر الإنتاجي للالة (حـ) .

جدول (٥)

نهاية السنة	الإبقاء على الالة(أ) مع إحلالها بالالة (ت) في نهاية العامين		الإحلال للالة (حـ) محل الآلة (أ)	
	المصاريف الإستثمارية	مصاريف التشغيل	المصاريف الإستثمارية	مصاريف التشغيل
٠	٥٠٠ آلة (أ)		١١٠٠٠ آلة حـ	
١		١٠٠٠		٨٠٠
٢	٥٠٠٠ آلة(ب)	١٠٠٠		٨٠٠
٣		٦٠٠		٨٠٠
٤		٦٠٠		٨٠٠
٥		٦٠٠		٨٠٠
٦		٦٠٠		٨٠٠
٧		٦٠٠		
٨		٦٠٠		
٩		٦٠٠		
١٠		٦٠٠		

ونلاحظ هنا أن فترة التشغيل للبديل الأول هى عشر سنوات إذ يتم إحلال الآلة (ب) محل الآلة (أ) فى نهاية العمر الإنتاجى للآلة (أ) وتستمر الآله (ب) فى التشغيل لمدة ثمان سنوات أخرى. ولذا تدخل أربع سنوات فقط من سنوات تشغيل الآله (ب) ضمن فترة الدراسة ، فإذا تم التحميل بالتساوى للمصاريف الإستثمارية للآله (ب) على العمر الإنتاجى لها فإن نصيب كل سنة إبتداء من نهاية السنة الثانية حتى نهاية السنة العاشرة من إجمالى المصاريف يكون .

$$= ٦٠٠ + ٢٠٠٠٠ \left(\frac{ف\ (١ + ف)^ن}{(١ + ف)^ن - ١} \right)$$

$$= ٦٠٠ + ٢٠٠٠٠ \left(\frac{٦\%\ (١ + ٦\%)^٨}{(١ + ٦\%)^٨ - ١} \right)$$

$$= ٦٠٠٠ + ٢٠٠٠٠ \times ٠,١٦١٠$$

$$= ٦٠٠ + ٣٢٢٠$$

$= ٣٨٢٠$ جنيهاً

أما المصاريف الخاصة بالآله (أ) خلال السنة الأولى والثانية

$$= ١٠٠ + ٥٠٠ \left(\frac{٦\%\ (١ + ٦\%)^٢}{(١ + ٦\%)^٢ - ١} \right)$$

$$= ١٠٠٠ + ٥٠٠ \times ٠,٥٤٥٤$$

$= ١٠٠٠ + ٢٧٢,٧ = ١٢٧٢,٧$ جنيهاً

وتكون المصاريف السنوية الخاصة بالآله (ح)

$$= ٨٠٠ + ١١٠٠٠ \left(\frac{٦\% \, (١+٦\%)^{٦}}{(١+٦\%)^{٦} - ١} \right)$$

$$= ٨٠٠ + ١١٠٠٠ \times \text{و٢٠٣٤}$$

$$= ٨٠٠ + \text{٢٢٣٧و٤} = \text{٣٠٣٧و٤ جنيهاً}$$

ويمكن توضيح المصاريف السنوية لكل بديل فى جدول (٦)

جدول رقم (٦)

السنة	البديل الأول	البديل الثانى
١	١٢٧٢و٧	٣٠٣٧و٤
٢	١٢٧٢و٧	٣٠٣٧و٤
٣	٣٨٢٠	٣٠٣٧و٤
٤	٣٨٢٠	٣٠٣٧و٤
٥	٣٨٢٠	٣٠٣٧و٤
٦	٣٨٢٠	٣٠٣٧و٤
٧	٣٨٢٠	
٨	٣٨٢٠	
٩	٣٨٢٠	
١٠	٣٨٢٠	

ويتبين لنا من جدول (٦) صعوبة المقارنة بين البديلين ، فبينما نجد البديل الأول أفضل بكثير فى السنة الأولى والثانية نجـــد أنه على العكس يتميز البديل الثانى على البديل الأول فى السنوات الأربع التالية . ولذا يفضل لإجراء المقارنة فى هذه الحالة أن نوجد القيمة الحالية لهذه الأقساط السنوية ولحساب هذه القيمة الحالية تستخدم العلاقة (٥) إذ أن معرفة القسط السنوى وكذا سعر الفائدة ومدة الدراسة يمكننا من معرفة القيمة الحالية (أ) كما يلى :

$$أ = أ_1 \left[\frac{(١ + ف)^{ن} - ١}{ف (١ + ف)^{ن}} \right]$$

كما أنه من العلاقة (١) يمكن تحديد القيمة الحالية (أ) إذا ماعرفت الجملة (حـ) وذلك كما يلى :

$$أ = \frac{حـ}{(١ + ف)^{ن}} \qquad (٧)$$

البديل الأول :

يمكن حساب القيمة الحالية للسنة الأولى والثانية بإحدى طريقتين

الأولى $= ١٢٧٢{,}٧ \left(\frac{(١ + ٦\%)^{٢} - ١}{٦\% (١ + ٦\%)^{٢}} \right)$

$= ١٢٧٢{,}٧ \times ١٨٣٢٤ = ٢٣٣٣{,}٤$ جنيها

الثانية $= ٥٠٠ + ١٠٠٠ \left(\frac{(١ + ٦\%)^{٢} - ١}{٦\% (١ + ٦\%)^{٢}} \right)$

$= ٥٠٠ + ١٠٠٠ \times ١{,}٨٣٣٤ = ٢٣٣٣{,}٤$ جنيها

وتكون القيمة الحالية لباقى الأقساط فى نهاية السنة الثانية

$= ٣٨٢٠ \left[\frac{(١ + ٦\%)^{٤} - ١}{٦\% (١ + ٦\%)^{٤}} \right]$

$= ٢٨٣٠ \times ٣{,}٤٦٥١$

وبإستخدام العلاقة (٧) تكون القيمة الحالية فى بداية السنة الأولى لباقى الأقساط .

$= \frac{١٣٢٢٣٦{,}٧}{(١ + ٦\%)^{٢}}$

$= ١٣٢٢٣٦{,}٧ \times ٨٩٠٠{,}ـ = ١١٧٨{,}٧$

وتكون القيمة الحالية للبديل الأول = ٢٣٣٢,٤ + ١١٧٨٠,٧
= ١٤١١٤,١ جنيهاً .

البديل الثانى :

يمكن حساب القيمة الحالية بإحدى الطريقتين التاليتين :

$$\text{الأولى} = ٣٠٣٧,٤ \left(\frac{(١ + ٦\%)^{٦} - ١}{٦\% \, (١ + ٦\%)^{٦}} \right)$$

= ٣٠٣٧,٤ × ٤,٩١٧٣

= ١٤٩٣٣,٨ جنيهاً

الثانية = ١١٠٠٠ + ٨٠٠ × ٤,٩١٧٣

= ١١٠٠٠ + ٣٩٣٣,٨

= ١٤٩٣٣,٨ جنيهاً

وبالتالى يفضل البديل الأول والذى يحقق وفورات حالية قدرها

١٤٩٣٣,٨ - ١٤١١٤,١ = ٨١٩,٧ جنيهاً

وتختلف الإجابة بطبيعة الحال إذا ماقررت الشركة إهمال السنوات الأربع المتبقية للعمر الإنتاجى للآله (ب) وتحميل ثمن شراؤها على السنوات الأربع الأولى فقط . إذا يفضل البديل الثانى فى هذه الحالة .

٩ - ٣ - ٦ تحديد الوقت الأمثل لاحلال آلة بأخرى مماثلة لها :

بينا فيما سبق قرارات الاحلال الخاصة بإحلال آلة أخرى أحدث فى الموديل أو تؤدى وفورات أكثر فى التشغيل الأمر الذى يصبح من المربح معه إستبدال الآله الحالية قبل إنقضاء عمرها الانتاجى بفترة كبيرة . إلا أننا فى هذه الفقرة

نبحث فى كيفية تحديد الوقت الأمثل لاحلال آلة بأخرى مثيلة لها تماماً وذلك بفرض أنه يمكن التنبؤ بالمصاريف السنوية الخاصة بالاحتفاظ بالآلة فى السنوات المقبلة .

ونحن نتوقع فى هـــذا الصدد أن مصاريف التشغيل السنوية قليلة بالنسبة للتكاليف الرأسمالية الكبيرة اللازمة لاقتناء الآلة . وبذا فتعمل إدارة المشروع على الإحتفاظ بالآلة المشتراه أطول مدة ممكنة حتى يمكن توزيع هذه التكاليف الثابتة على أكبر عـدد ممكن من السنوات . إلا أنه من ناحية أخرى نتوقع أن تزداد مصاريف التشغيل كلما إحتفظنا بالآله لمدة طويلة ولذا يكون السؤال المطروح ماهو أحسن وقت لاحلال الآلة الحالية ؟

ولتوضيح الفكرة السابقة ، نجـد أنه لشراء سيارة جديدة نحتاج إلى مبلغ كبير قد يصل إلى ١٠٠٠٠ جنيهاً ، إلا أن مشترى السيارة من ناحية أخرى يأمل فى أن تكون مصاريف الصيـانة اللازمة قليلة جداً بل تكاد تكون معدومة فى الثلاث أو الأربع السنوات الأولى على أن ترتفع بشكل بسيط فى السنوات التالية ومن ناحية أخرى يمكن شراء سيارة مستعملة بمبلغ ٥٠٠٠ جنيهاً فقط إلا أن مصاريف الصيانة السنوية قد تكون مرتفعة ، وهنا يجب أن نقارن ما إذا كانت التكاليف السنوية فى العشر سنوات القادمة فى هـذه الحالة أفضل منها فى الحالة الأولى أم لا ؟ هذا مع الأخذ فى الحسبان ثمن بيع السيارة فى نهاية العشر سنوات فى كلا الحالتين .

وتعمـل نظرية الاحلال على تحديد هذا التوازن بين التكاليف الثابتة اللازمة لشراء وتركيب الآلة وبين متوسط تكلفة التشغيل السنوية ، ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى :

٩ - ٣ - ٦ - ١ مثال :

تملك شركة بنى سويف للحاصلات الزراعيه ماكينه ضخمة تساعد فى أعمال الحصاد مستوردة من الخارج تبلغ تكلفتها مايعادل ٣٥٠٠٠ جنيهاً مصريا والتى تم شراؤها منذ عامين سابقين . وكان من المقدر الاحتفاظ بهذه الماكينة لمدة خمس سنوات بواقع ١٠٠٠٠ ساعه عمل أى ٢٠٠٠ ساعه سنوياً ، إلا أن الشركة تفكر فى إستبدال هذة الآلة حاليا بسبب إرتفاع مصاريف التشغيل السنوية ، وتبين فى جدول (٧) تكلفه التشغيل وكذا قيمة الآلة السوقية فى كل سنة .

جدول (٧) بالجنيهات

السنة	ثمن الشراء	القيمة السوقية فى نهاية السنة	تكاليف التشغيل السنوية
١	٣٥٠٠٠	١٥٠٠٠	٥٠٠٠
٢	٣٥٠٠٠	١٢٠٠٠	١٠٠٠٠
٣	٣٥٠٠٠	١٠٠٠٠	١٥٠٠٠
٤	٣٥٠٠٠	٨٥٠٠	٢٠٠٠٠
٥	٣٥٠٠٠	٧٧٠٠	٢٥٠٠٠
٦	٣٥٠٠٠	٦٨٠٠	٣٠٠٠٠
٧	٣٥٠٠٠	٦٠٠٠	٣٥٠٠٠

وتتحدد القيم فى جدول (٧) أما فى ضوء الخبرات السابقة أو فى ضوء ماهو متوقع مستقبلا . ويفترض فى المثال السابق ثبات سعر الشراء بالرغم من إمكان افتراض إرتفاع سعر الشراء أو حتى إنخفاض السعر مستقبلا .

ويلزم هنا لتحديد الوقت الأمثل للشراء إتباع الخطوات التالية :

١ — تحيد تكلفة الاستبدال السنوية وهى تتمثل فى تكلفة الشراء مطروحا منها قيمة الآله السوقية .

٢ — تحديد مجموع تكاليف التشغيل فى نهاية كل سنة وذلك بتجميع تكاليف التشغيل فى السنوات السابقة وكذا السنة محل الدراسة .

٣ — تحديد جملة المبالغ المدفوعة حتى نهاية كل سنة والتى تتمثل فى حاصل جمع تكلفة الاستبدال مع مجموع تكاليف التشغيل حتى نهاية كل سنة أى حاصل جمع بند (١) مع بند (٢) .

٤ — تحديد متوسط التكاليف السنوية وذلك بقسمة المبلغ فى بند (٣) على عدد السنوات .

٥ — إختيار سنة الإستبـــدال المثلى الخاصة بأقل متوسط للتكلفة فى بند (٤) .

ويمكن إستخدام الخطوات السابقة فى حل المثال السابق وذلك كما فى جدول رقم (٨) .

ونلاحظ أنه فى حالة احلال الآلة سنوياً فإن التكلفة المتوسطة تكون كبيرة بسبب إرتفاع تكلفة الاحلال ، وعلى العكس إحلال الآلة بعد خمس سنوات يحمل المشروع تكلفة متوسطة مرتفعة بسبب إرتفاع مصاريف التشغيل .

ونشير هنا إلا أن التكلفة المتوسطة قد إتجهت إلى النقص حتى نقطه الاحلال المثلى ثم إتجهت إلى الزيادة بعد ذلك ، إلا أن هذه التكلفة قد تتجه إلى النقص مرة

جدول (٨) بالجنيهات

السنة	ثمن الشراء	القيمة السوقية في نهاية السنة	تكلفة الإحلال	تكلفة التشغيل السنوية	مجموع تكلفة التشغيل	التكلفة الكلية	التكلفة المتوسطة
١	٣٥٠٠٠	١٥٠٠٠	٢٠٠٠٠	٥٠٠٠	٥٠٠٠	٢٥٠٠٠	٢٥٠٠٠
٢	٣٥٠٠٠	١٢٠٠٠	٢٣٠٠٠	١٠٠٠٠	١٥٠٠٠	٣٨٠٠٠	١٩٠٠٠
٣	٣٥٠٠٠	١٠٠٠٠	٢٥٠٠٠	١٥٠٠٠	٣٠٠٠٠	٥٥٠٠٠	١٨٣٣٣*
٤	٣٥٠٠٠	٨٥٠٠	٢٦٥٠٠	٢٠٠٠٠	٥٠٠٠٠	٧٦٥٠٠	١٩١٢٥
٥	٣٥٠٠٠	٧٧٠٠	٢٧٣٠٠	٢٥٠٠٠	٧٥٠٠٠	١٠٢٣٠٠	٢٠٤٦٠

اخرى وذلك كما هو الحال بالنسبة للسيارات إذ قد ترتفع التكلفة السنوية في بعض السنوات خاصة إذا ما وصلت السياره إلى الحاجة إلى تجديد كامل ثم تتجه التكلفة السنوية إلى الإنخفاض بعد إجراء التجديد الكامل (عمره) لها .

وإذا كانت تكلفة التشغيل تتزايد بشكل ثابت سنوياً ، فإننا يمكننا تحقيق الموازنة بين التكاليف الثابتة والتكاليف السنوية للتشغيل عن طريق نموذج رياضي يشابه تماماً النموذج الخاص بتحديد الكمية الإقتصادية للشراء وذلك كما يلى :

نفرض أن :

ث = ثمن شراء الالة وتجهيزها للتشغيل .

م = مصاريف التشغيل السنوية + جزء ثابت خاصة بالصيانة يتناسب مع سنوات التشغيل

ص = مقدار الزيادة السنوية فى مصاريف الصيانة

ن = العمر الإنتاجى للالة

مت = متوسط التكاليف السنوية

$$\therefore \text{مت} = \frac{\text{ث}}{\text{ن}} + \text{م} + (\text{ن} - ١)\frac{\text{ص}}{٢}$$

$$\therefore \frac{d(\text{مت})}{d\,\text{ن}} = -\frac{\text{ث}}{\text{ن}^{٢}} + \frac{\text{ص}}{٢}$$

$$\therefore -\frac{\text{ث}}{\text{ن}_*^{٢}} + \frac{\text{ص}}{٢} = ٠$$

$$\therefore \text{ن}_*^{٢} = \frac{٢\text{ث}}{\text{ص}}$$

$$\therefore \text{ن}_* = \sqrt{\frac{٢\text{ث}}{\text{ص}}}$$

ويمكن توضيح ذلك بالمثال التالى :

٩ — ٣ — ٦ — ٢ مثال :

كانت تكلفة التشغيل السنوية لإحدى الالات كما يلى :

السنة	١	٢	٣	٤	٥	٦
التكلفة	١٠٠	٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠	٥٠٠	٦٠٠

وكان ثمن شراء الالة جديدة ٦٠٠ جنيه علما بأنه من المتوقع تلاشى القيمة السوقية للالة فى حالة بيعها ، فما هو الوقت الأمثل للإحلال ؟

الحـــــــل:

$$ن^* = \sqrt{\frac{٢ث}{ص}} = \sqrt{\frac{٢ \times ٦٠٠}{١٠٠}} = ٣{,}٤٦ \text{ سنة}$$

حيث تكون متوسط التكاليف السنوية

$$= \frac{٦٠٠}{٣{,}٤٦} + ١٠٠ + (٣{,}٤٦ - ١) \times \frac{١٠٠}{٢}$$

= ٢٩٦ جنيها سنويا .

٩ — ٤ حالة عملية (بحث مفصل عن قرار الإحلال فى حالة السيارات)

لاشك أن سيارات الركوب فى الشركات تمثل بندا هاما من بنود الخدمات التى لا يمكن الاستغناء عنها ،ولكن التشغيل غير الاقتصادى لبعض هذه السيارات يجعل من الضرورى إستبدالها بسيارات جديدة ، ولما كانت سيارات الركوب ترتبط إرتباطا وثيقا برغبة الأفراد، فقد يأتى القرار فى هذه الحالة غير إقتصادى لتدخل عوامل شخصية فيه ، لذلك نقدم هذا المثال بالتفصيل ليحتذى به ولنبين بالتفصيل طريقة عمل المقارنة الإقتصادية اللازمة لإتخاذ القرار الموفق ،ويلاحظ أن قيمة المعاملات المختلفة للتكلفة ومعدلات الفائدة كلها أرقاما إفتراضية يجب التحقق من قيمتها قبل التطبيق .

معطيات مفردات التكلفة :

١ — تكلفة رأس المال .

(ا) الأهلاك　　　　(ب) الفائدة

٢ — تكاليف التشغيل .

(ا) الوقود .　　　　(ب) أستهلاك الزيوت (تغيير وإضافة)

(حـ) زيت الكرونة وصندوق السرعات.　　　　(ى) التشحيم .

(هـ) ضبط زوايا العجلات والأكسات.　　　　(و) التأمين الشامل .

٣ — تكاليف الصيانة :

(ا) البطارية .　　　　(ب) الإطارات .　　　　(حـ) الفرامل.

(ى) مصفاة الزيت.　　　　(هـ) الكاربراتير .

(و) شمعات الاحتراق . (ز) صيانة مولد الكهرباء .

(ح) إستبدال طلمبة الوقود . (ط) العمرة الرئيسية .

٤ — مصروفات متنوعة .

(ا) سيور المروحة . (ب) إصلاح موزع شرارات الاحتراق .

(حـ) أنبوبة العادم . (ء) الغسيل والتنظيف (هـ) متنوعات

لنفرض أن السيارة فى هذه الحالة تقطع حوالى ٣٠٠٠٠ كم فى السنة وأن رأس المال المستثمر عليه فائدة مقدارها ٥٪ وإذا أعتبرنا للتسهيل أن تكاليف الوحدة من كل من البنود السابقة ثابتة فى الفترة الزمنية المأخوذة أساسا للمقارنة وأن السيارة لن تصبح متخلفة لمجرد ظهور أنواع حديثة من السيارات .

بذلك يكون القرار الأمثل هو تحديد عمر السيارة الإقتصادى الذى يكون عنده متوسط التكلفة السنوية أقل ما يمكن .

وتعتبر مرحلة جمع البيانات من أصعب مراحل إتخاذ القرار ، أما الحسابات الرياضية فهى بسيطة إلى حد ما .

البيانات والعمليات الرياضية :

يمكن تقسيم تكلفة أمتلاك وتشغيل سيارة الركوب إلى الأقسام الآتية :

١ — رأس المال المستثمر فى شراء السيارة .

٢ — أهلاك رأس المال المستثمر .

٣ — مصاريف التشغيل .

٤ — مصاريف الصيانة .

٥ — التأمين الشامل .

٦ — مصاريف متنوعة أخرى .

وتفصيل ذلك يكون كما يلى :

رأس المال المستثمر فى شراء السيارة :

	جنيه
ثمن شراء السيارة	١٧٠٠٠
مصاريف مناقصة وإعلان رسوم تسجيل الملكية مصاريف إعداد السيارة للتشغيل بالشركة	٥٥٥و٥
إجمالى الإستثمارات	١٧٥٥٥و٥

أهلاك رأس المال المستثمر :

معدل الإهلاك محسوب على أساس أن السيارة تفقد ٢٠٪ من قيمتها بعد السنة الأولى ثم يقل الإهلاك بعد ذلك ويظهر فى جدول (١) معدل الأهلاك على مدى ست سنوات .

مصاريف التشغيل :

(١) الوقود :

من المعروف أن هذا النوع من السيارات عندما يكون جديدا يستهلك بنزين « سوبر » بمعدل ٦ كيلو مترات للتر الواحد وأن معدل إستهلاك الوقود هذا يتزايد مع عمر السيارة حسب المعادلة الآتية :

معدل إستهلاك الوقود « كم/لتر » = ٦ — ١١٢ ٠٠٠و٠ × مسافة تشغيل

السيارة بالكيلو مترات . فإذا فرضنا أن ثمن اللتر من البنزين هو ٣١٥و فإن جدول (٢) ، يبين تكاليف إستهلاك الوقود المتوقع طوال السنوات السته الاولى لتشغيل السيارة .

« جدول (١) الأهلاك السنوى لرأس المال المستثمر »

السنة	المسافة المقطوعة بالكيلو مترا	النسبة المئوية للاهلاك	مقدار الاهلاك بالجنيهات	قيمة السيارة فى نهاية السنة
			جنيه	جنيه
١	٣٠و٠٠٠	٪٢٠	٣٥١١و١	١٤٠٤٤و٥
٢	٦٠و٠٠٠	٪١٥	٢٣٦٣و٣	١١٤١٠
٣	٩٠و٠٠٠	٪١٠	١٧٥٥و٥	٩٦٥٥
٤	١٢٠و٠٠٠	٪١٠	١٧٥٥و٥	٧٩٠٠
٥	١٥٠و٠٠٠	٪١٠	١٧٥٥و٥	٦١٤٤
٦	١٨٠و٠٠٠	٪١٠	١٧٥٥و٥	٤٣٨٨و٥

(ب) تكاليف الزيوت :

لحساب تكاليف الزيوت يجب الأخذ فى الاعتبار ما يلى :

١ — تغيير الزيت .

٢ — إضافة زيت كلما انخفض مقداره (تزويد) .

٣ — ثمن لتر الزيت .

عند إستخدام النوع الجيد من الزيوت يلزم تفريغ المحرك ثم ملؤه بالزيت مرة كل ٤٠٠ كيلو مترا ويلزم لملء المحرك ٦ لترات ويقدر ثمن اللتر الواحد من هذا

النوع من الزيوت بـ ٢و٥ جنيه ومن المعروف أن السيارة الجديدة لا يلزمها أى إضافة فى خلال الستين ألف كيلو مترا الأولى من حياتها ثم يلزم إضافة زيت بعد ذلك كما يلى :

« جدول (٢) تكاليف الوقود خلال فترة تشغيل ١٨٠و٠٠٠ كيلو مترا »

السنة	الكيلو مترات خلال السنة	متوسط عدد الكيلو مترات/لتر	تكاليف الوقود السنوية بالجنيهات
١	٣٠و٠٠٠	٦	١٥٧٥ جنيه
٢	٦٠و٠٠٠	٥و٦٦٤	« ١٦٧٠
٣	٩٠و٠٠٠	٥و٣٢٨	« ١٧٧٤
٤	١٢٠و٠٠٠	٥و٩٩٢	« ١٨٩٠
٥	١٥٠و٠٠٠	٤و٦٥٦	« ٢٠٩٣
٦	١٨٠و٠٠٠	٤و٣٢٠	« ٢٢٥٨و٥

١ لتر كل ٢٠٠٠ كيلو مترا من ٦٠و٠٠٠ إلى ٩٠و٠٠٠ كيلو مترا .

١ لتر كل ١٥٠٠ كيلو مترا من ٩٠و٠٠٠ إلى ١٥٠و٠٠٠ كيلو مترا .

١ لتر كل ١٠٠٠ كيلو مترا بعد ذلك .

وجدول (٣) يبين تكاليف إستهلاك الزيوت محسوبة طبقا للاسس السابق ذكرها :

(حـ) تكاليف التشحيم :

يجب تشحيم السيارة كل ١٥٠٠ كيلو متر ويتكلف التشحيم ٣و٥ جنيه للمرة الواحدة :

تكاليف التشحيم فى العام = ٣٫٥ × ٢٠ = ٧٠ جنيها

(ى) تكاليف زيت الكرونة وصندوق السرعات :

من الواجب تغيير زيت صندوق التروس والكرونة مرة كل ١٥٫٠٠٠ كيلو مترا وذلك لإطالة عمر السيارة إلى أقصى ما يمكن ويقدر لهذه العملية ٢٥ جنيه كل ٣٠٫٠٠٠ كيلو متر أى ٢٥ جنيه فى السنة .

(هـ) تكاليف التأمين :

يقدر متوسط تكاليف التأمين الشامل لمثل هذا النوع من السيارات فى العام خلال عمر السيارة المتوقع بحوالى ٢٢٥ جنيه فى السنة .

(و) ضبط زوايا العجلات وضبط تآكل الأكسات :

تقدر هذه الخدمة بثلاثة جنيهات مصرية ويلزم عملها كل ٣٠٫٠٠٠ كيلو متر أى مرة كل عام .

مما سبق يمكن تلخيص إجمالى التكاليف خلال تشغيل السيارة مسافة ١٨٠٫٠٠٠ كيلو متر كما هو مبين بجدول (٤) .

مصاريف الصيانة :

(١) تكاليف البطارية

متوسط عمر البطارية بالسيارة هو عامين وأن ثمن البطارية الجديدة هو ٨٥ جنيها مع الأخذ فى الاعتبار أن ثمن البطارية المستهلكة حوالى ١٠ جنيه فمعنى ذلك أن تكاليف البطارية هو ٣٧٫٥ جنيه فى السنة على أن يبدأ ذلك فى السنة الثالثة حيث أن البطارية الموجودة بالسيارة الجديدة هى جزء من الإستثمار الأول .

جدول (٤) إجمالى مصاريف التشغيل

الكيلو مترات بند التكاليف	٣٠,٠٠٠ جنيه	٦٠,٠٠٠ جنيه	٩٠,٠٠٠ جنيه	١٢٠,٠٠٠ جنيه	١٥٠,٠٠٠ جنيه	١٨٠,٠٠٠ جنيه
الوقود	١٥٧٥	١٦٦٩,٥	١٧٧٤	١٨٩١	٢٠٩٣,٥	٢٢٥٨,٥
الزيت	١١٢,٥	١ ٢,٥	١٥٠	١٦٢,٥	١٦٢,٥	١٨٧,٥
زيت الكرونة وصندوق السرعات	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥	٢٥
التأمين الشامل	٢٢٥	٢٢٥	٢٢٥	٢٢٥	٢٢٥	٢٢٥
ضبط العجلات	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥	١٥
التشحيم	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠
المجمـــوع	٢٠٢٢,٠	٢١١٧	٢٢٥٩	٢٣٨٨,٥	٢٥٩١	٢٧٨١

(ب) الإطارات :

تعمل الإطارات الجيدة الصنع لمسافة فى المتوسط مقدارها ٦٠,٠٠٠ كيلومتر وثمن الإطار من هذا النوع يقدر بحوالى ٨٥ جنيها ويباع الإطار المستهلك بحوالى ١٠ جنيه ، ولحساب إستهلاك وتكاليف إطارات السيارة يلاحظ ما يلى :

(أ) ثمن الإطارات التى تسلم مع السيارة الجديدة تعتبر جزءاً من ثمن السيارة الأصلى .

(ب) الإطار الإحتياطى لا يستهلك طوال عمر السيارة .

(حـ) بذلك تكون تكاليف الاطارات كما فى جدول (٥) .

جدول (٥) تكاليف الإطارات

السنة	المسافة المقطوعة بالكيلو متر	التكاليف بالجنيهات فى نهاية السنة
١	٣٠,٠٠٠	—
٢	٦٠,٠٠٠	—
٣	٩٠,٠٠٠	١٥٠
٤	١٢٠,٠٠٠	١٥٠
٥	١٥٠,٠٠٠	١٥٠
٦	١٨٠,٠٠٠	١٥٠

(حـ) تكاليف الفرامل :

لحساب التكاليف السنوية لإصلاح وصيانة الفرامل يجب أن تراعى النواحى التالية :

١ـ خرط طنابير الفرامل .

٢ـ تجديد تيل الفرامل .

٣ـ الضبط الدورى للفرامل .

يتضح من توصيات مصانع السيارات فى العالم أن فترات صيانة الفرامل المختلفة تـكون كالآتى :

خرط طنابير الفرامل وتجديد مكابس الضغط تتم كل ٦٠,٠٠٠ كيلو مترا.

وتجديد تيل الفرامل تتم كل ٦٠,٠٠٠ كيلو مترا .

الضبط الدورى للفرامل :

١ ـ بعد حوالى ٣٠,٠٠٠ كيلو مترا

٢ ـ بعد حوالى ٤٥,٠٠٠ كيلو مترا

٣ ـ بعد حوالى ٥٥,٠٠٠ كيلو مترا

٤ ـ بعد حوالى ٦٥,٠٠٠ كيلو مترا

٥ ـ بعد حوالى ٧٣,٠٠٠ كيلو مترا

٦ ـ بعد حوالى ٨٠,٠٠٠ كيلو مترا

٧ ـ بعد حوالى ٨٥,٠٠٠ كيلو مترا

٨ ـ مرة كل ٥٠٠٠ كيلو مترا بعد ذلك .

وبعد القيام ببحث مستفيض للسوق فى هذا العمل وجد أن متوسط تكاليف القيام بالأعمال الموضحة أعلاه كالآتى :

تكاليف خرطة طنابير الفرامل وتجديد مكابس الضغط .

٥٠ جنيه للعجلتين الأماميتين .

٤٠ جنيه للعجلتين الخلفيتين .

٢٥ جنيه لأسطوانة الكبس الرئيسية .

١٠ جنيه لمكبس الضغط بكل عجلة .

تجديد تيل الفرامل

١٠٠ جنيه للعجلات الأربعة .

الضبط الدورى للفرامل .

٢,٥ جنيه لكل عملية ضبط .

وبذلك يمكن تجميع التكاليف المختلفة لصيانة الفرامل كما فى جدول (٦)

(ء) مصفاة الزيت :

يلزم تغيير مصفاة الزيت بمحرك السيارة كل ١٥,٠٠٠ كيلو مترا وثمن المصفاة مضافا إليها تكاليف الإستبدال تقدر بحوالى ١٥ ج .

وبذلك تكون تكاليف هذه العملية مساويا ٣٠ ج فى العام .

(هـ) شمعات الاحتراق.

يلزم إستبدال شمعات الاحتراق كل ٣٠,٠٠٠ كيلو مترا وتكاليف ذلك تقـــدر بحوالى ٤٠ ج للسيارة ٦ سلندرات وفى أثناء العملية يلزم أيضا ضبط وتنظيف موزع الشرارات الكهربية وتتكلف هذه العملية حوالى ١٠ ج وينتج عن ذلك تكاليف سنوية مقدارها ٥٠ ج .

(و) الكربراتير :

يلزم تنظيف الكربراتير وتغيير الفونيات مرة كل ٦٠,٠٠٠ كيلو مترا أى كل سنتين وتقدر تكاليف هذه العملية بحوالى ٧٥ ج أى ٢٧,٥ ج كل سنة .

جدول (٦) تكاليف صيانة الفرامل

السنة	مسافة الخدمة بالكيلو مترات	التكاليف	ملاحظات
		جنيه	
١	٣٠,٠٠٠	٢,٥	ضبط الفرامل
	٤٥,٠٠٠	٢,٥	» »
	٥٥,٠٠٠	٢,٥	» »
٢	٦٠,٠٠٠	٧٧,٥	خرط طنابير الفرامل وتجديد المكابس(*)
	٦٠,٠٠٠	٥٠	تجديد تيل الفرامل(*)
	٦٥,٠٠٠	٢,٥	ضبط الفرامل
٣	٧٣,٠٠٠	٢,٥	» »
	٨٠,٠٠٠	٢,٥	» »
	٨٥,٠٠٠	٢,٥	» »
	٩٠,٠٠٠	٧٧,٥	خرط الطنابير وتجديد المكابس
٤	٩٠,٠٠٠	٥٠	تجديد تيل الفرامل
	٩٠,٠٠٠ — ١٢٠,٠٠٠	١٥	ضبط الفرامل ٦ مرات
٥	١٢٠,٠٠٠ — ١٥٠,٠٠٠	١٤٢,٥	تساوى تماما نفس تكاليف السنة الرابعة
٦	١٥٠,٠٠٠ — ١٨٠,٠٠٠	١٤٢,٥	تساوى تماما نفس تكاليف السنة الرابعة

(*) خرط طنابير الفرامل وتجديد مكابس الضغط تتكلف ١٥٥ ج وتستهلك على عامين .

(**) تكاليف تجديد تيل الفرامل تقدر بحوالى ١٠٠ ج وتستهلك على عامين .

(ز) صيانة مولد الكهرباء .

يلزم تجديد محاور الارتكاز وخرط أسطوانة تجميع الكهرباء وتجديد فرش الاقطاب الكهربية لمولد الكهرباء بالسيارة وذلك بعد ٦٠٠٠٠ كيلو مترا وتقدر تكاليف هذه العملية بحوالى ٤٠ ج أى ٢٠ ج كل سنة على أن يستبدل بعد أن تزيد المسافة المقطوعة عن ١٢٠٠٠٠ كيلو مترا وتقدر تكاليف الاستبدال بحوالى ٢٢٥ ج بواقع ٧٥ ج فى السنة .

(ح) إستبدال طلمبة الوقود :

طلمبة الوقود لا يمكن إصلاحها ولكنها تستبدل عندما يبدأ تسرب الوقود منها ولا يمكن التنبؤ بموعد إستبدالها لذلك تضاف مصاريف صيانتها إلى المصروفات المنوعة التى تعتمد فى تقديرها على مسافة تشغيل السيارة وهى تزيد كلما زاد عمر السيارة .

(ط) العمرة الرئيسية :

يلزم عمل عمرة كاملة لمحرك السيارة بعد أن تقطع مسافة ١٥٠٠٠٠ كيلو مترا وتشمل هذه العمرة ما يأتى :

١ ـ تجليخ الصمامات .
٢ ـ تجليخ الأسطوانات وعمل سبائك .
٣ ـ تجليخ الأسطوانات وتغيير المكابس .
٤ ـ تجليخ عامود الكام ... إلخ .

تقدر تكاليف العمرة هذه بحوالى ٦٠٠ ج تستهلك على فترة ٣ سنوات بمعدل ٢٠٠ ج فى السنة .

٤ — المصروفات المنوعة :

تشمل المصروفات تكاليف صيانة وإصلاح أجزاء السيارة التى لا تصان بصفة دورية ويصعب التنبؤ بالأرقام التى يلزم عندها عمل الإصلاحات وتشمل هذه الإصلاحات ما يلى :

١ - تغيير سيور المروحة .

٢ - تنظيف وإصلاح مبرد المحرك .

٣ - تغيير طلمبة الوقود .

٤ - تغيير لمبات الإضاءة .

٥ - تغيير خراطيم التبريد .

٦ - إصلاح أو تغيير ماسورة العادم .

٧ - تغيير أجهزة إمتصاص الصدمات ... إلخ .

وبعد إجراء بحث شامل فى سجلات إدارة التكاليف فى بعض الشركات المصرية التى تستخدم هذا النوع من السيارات بالمعدل المذكور فى المثال وجد أن متوسط هذه المصروفات المنوعة يزيد باستمرار كلما زاد عمر السيارة وذلك كما هو مبين بجدول (٧) :

جدول (٧) — بيان التوزيع الإجمالى للمصروفات المنوعة .

السنة	المسافة المقطوعة بالكيلو متر	التكاليف فى نهاية السنة
		جنيه
١	٣٠و٠٠٠	—
٢	٦٠و٠٠٠	٢٠
٣	٩٠و٠٠٠	٥٠
٤	١٢٠و٠٠٠	١٧٥
٥	١٥٠و٠٠٠	٢٢٥
٦	١٨٠و٠٠٠	٤٢٥

وبذلك يمكن تجميع تكاليف الصيانة والمصروفات المنوعة طوال فترة الست سنوات الأولى من عمر السيارة كما هو مبين فى جدول (٨)

جدول رقم (٨) إجمالى تكاليف الصيانة والمصروفات المنوعة

المسافة كم	٣٠,٠٠٠	٦٠,٠٠٠	٩٠,٠٠٠	١٢٠,٠٠٠	١٠,٠٠٠	١٨٠,٠٠٠
	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه
البطارية	—	—	٣٥	٣٧,٥	٣٧,٥	٣٧,٥
الإطارات	—	—	١٥٠	١٥٠	١٥٠	١٥٠
الفرامل	١,٥	٥	١٣٧,٥	١٤٢,٥	١٤٢,٥	١٤٢,٥
مصفاة الزيت	٣٠	٣٠	٣٠	٢٠	٣٠	٣٠
شمعات الاحتراق	—	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠
الكربراتير	—	—	٣٧,٥	٣٧,٥	٢٧,٥	٣٥
مولد الكهرباء	—	—	٢٠	٢٠	٢٠	٧٥
العمرة الرئيسية	—	—	—	—	—	٢٠٠
مصروفات منوعة	—	٢٠	٥٠	١٧٥	٢٢٥	٤٠
المجموع	٢٢,٥	١٠٥	٥١٢,٥	٦٤٠	٦٩٢,٥	١١٤٧,٥

الحـــل :

بعد جمع البيانات اللازمة يأتى بعد ذلك حل المسألة وهـو عبارة عن مقـارنة إقتصادية بين البنود المختلفة فى حالة السيارة الجديدة والسيارة القديمة وعندما نأخذ تكاليف رأس المـال مضافا إليهـا تكـاليف التشغيل والصيانة فى التزايد تـكون لحظة النهاية الصغرى هى فترة التشغيل الإقتصادى للسيارة ، وعند عمل المقارنة الإقتصادية يجب إيجاد القيمة الحالية للمصروفات التى تدفـع فى المستقبل كذلك تعديل قيمة التكاليف الكلية لـكل سنة بإستخدام معاملات إسترداد رأس المـال . ونتائج تلك المقارنة الإقتصادية موضحه بالجداول رقم ٩ ، ١٠ ، ١١ ، ١٢ ، ١٣ .

جدول رقم (٩) ـ إجمالى تكاليف التشغيل والصيانة

السنة	المسافة المقطوعة بالـكيلو متر	مصاريف التشغيل	مصاريف الصيانة والمصروفات المنوعة	المجموع
		جنيه	جنيه	جنيه
١	٣٠,٠٠٠	٣٠٢٢,٥	٣٢,٥	٢٠٥٥
٢	٦٠,٠٠٠	٢١١٧	١٠٥	٢٢٢٢
٣	٩٠,٠٠٠	٢٢٥٩	٥١٢,٥	٢٧٧١,٥
٤	١٢٠,٠٠٠	٢٣٨٨,٥	٦٤٢,٥	٣١٣١
٥	١٥٠,٠٠٠	٢٥٩١	٦٩٢,٥	٣٢٨٣,٥
٦	١٨٠,٠٠٠	٢٨١	١١٤٧,٥	٣٩٢٨,٥

جدول رقم (١٠) متوسط مصاريف التشغيل والصيانة بعد التعديل الزمنى

السنة	إجمالى التكاليف	معامل القيمة الحالية المصروفات	القيمة الحالية للمصروفات	تجميع القيمة الحالية	معامل استرداد رأس المال	متوسط التكاليف السنوية بعد التعديل
	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه
١	٢٠٥٥	٤٥	١٩٣٨,٥	١٩٣٨,٥	٥	٢٠٥٦
٢	٢٢٢٢	٤,٥	١٩٧٥	٣٩١٤,٥	٢,٥	٢١٣٥
٣	٢٧٧١,٥	٤	٢٣٢٥	٦٢٤٠	١,٥	٢٣٣٤
٤	٣٠٢١	٤	٢٤٠٠	٨٦٤٠	١	٢٤٩٣,٥
٥	٣٢٨٣,٥	٤	٢٤٥٠	١١٠٩١,٥	١	٢٦٣٢,٥
٦	٣٩٢٨,٥	٣,٥	٢٧٧٠	١٣٨٦٢,٥	١	٢٨٢٠

جدول رقم (١١) تكاليف رأس المال قبل التعديل الزمنى

السنة	القيمة قبل الإهلاك	مقدار الإهلاك	مقدار الفوائد على القيمة قبل الإهلاك	مجموع الإهلاك والفوائد
	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه
١	١٧٥٥٥	٣٥١١	١٠٥٣	٤٥٦٤
٢	١٤٠٤٤	٢٦٣٣	٨٤٢,٥	٣٣٧٦
٣	١١٤١١	١٧٥٥	٦٨٤,٥	٢٤٤٠
٤	٩٦٥٥	١٧٥٥	٥٧٩	٢٣٣٤,٥
٥	٧٨٩٩,٥	١٧٥٥	٤٧٣,٥	٢٢٢٩,٥
٦	٦١٤٤	١٧٥٥	٣٦٨,٥	٢١٢٤

جدول رقم (١٢) متوسط التكاليف السنوية لرأس المال المستثمر (بعد التعديل الزمنى)

عمر السيارة بالسنة	التكاليف السنوية لرأس المال	معامل القيمة الحالية	القيمة الحالية	تجميع القيمة الحالية .	معامل استرداد رأس المال	القيمة المعدلة لمتوسط تكاليف رأس المال فى السنة
	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه
١	٤٥٦٤	٤,٥	٤٣٠٦,٥	٤٣٠٦,٥	٥	٤٥٦٣
٢	٣٤٧٦	٤,٥	٣٠٩٣,٥	٧٤٠٠٠	٢,٥	٤٠٣٥
٣	٢٤٤٠	٤,٥	٢٠٤٨,٥	٩٤٤٨,٥	٦,٥	٣٥٣٥
٤	٢٣٣٤,٥	٤	١٨٤٩,٥	١١٢٩٨,٥	١	٣٢٦١
٥	٢٢٢٩,٥	٤	١٦٦٦	١٢٩٦٥	١	٣٠٧٧,٥
٦	٢١٢٤	٤	١٤٩٨	١٤٤٦٣	١	٢٩٤٢

جدول (١٣) متوسط التكاليف السنوية لإقتناء وتشغيل السيارة

خلال فترة ٦ سنوات

عمر السيارة بالسنة	متوسط تكاليف التشغيل السنوية بعد التعديل السنوى	متوسط تكاليف رأس المال بعد التعديل الزمنى	متوسط تكاليف اقتناء وتشغيل السيارة بعد التعديل الزمنى	متوسط تكلفة الكيلو متر
	جنيه	جنيه	جنيه	جنيه
١	٢٠٥٦	٤٥٦٣	٦٦١٩و٥	٠و٢٢٠
٢	٢١٣٥	٤٠٣٥	٦١٧٠	٠و٢٠٥
٣	٢٢٣٤	٤٠٣٥	٥٨٦٩و٥	٠و٢٠٠
٤	٢٤٩٣و٥	٣٢٦١	٥٧٥٤و٥	٠و١٩٥
٥	٢٦٣٢و٥	٣٠٧٧و٥	٥٧١٠	٠و١٩٠
٦	٢٨٢٠	٢٩٤٢	٥٧٦٢	٠و١٩٥

يلاحظ أن متوسط تكاليف اقتناء وتشغيل السيارة من هذا النوع يكون أقل ما يمكن بعد ٥ سنوات من شرائها ، ولكن الفرق قليل جدا بين تكاليف السنوات ٤ ، ٥ ، ٦ وبذلك لو كان شراء السيارة الجديدة ميسرا ، فإنه يمكن إستبدال السيارة القديمة بعد ٤ سنوات فقط لأسعاد من يستخدمهادون أن تتحمل الشركة سوى تكاليف إضافية بسيطة جداً فى مقابل ذلك ، والعكس صحيح فإنه إذا كان من المتعذر تدبير رأس المال اللازم لشراء السيارة الجديدة ، فإنه من الممكن الاحتفاظ بالسيارة القديمة لمدة عام آخر مع زيادة طفيفة فى متوسط تكاليف إقتناء وتشغيل هذه السيارة .

الخاتمة :

ختاما يمكن القول بأن مشكلة إتخاذ قرار شراء أو إحلال معدات جديدة مكان أخرى مستعملة تتلخص فى محاولة الإجابة على سؤالين أثنين هما :

١ — أى نوع من المعدات تشتريها الشركة لتأدية العمل المطلوب ؟

٢ — إلى متى يمكن الاحتفاظ بهذه المعدات قبل أن تكهن أو تستبدل ؟

وللإجابة على هذين السؤالين نبدأ بثانيهما فى عبارة محددة « إذا كانت الشركة قد اشترت الماكينة بالفعل فيجب عليها أن تحتفظ بها مدة كافيه من الزمن إلى أن يصبح متوسط تكاليف إقتنائها وتشغيلها أقل ما يمكن » .

وبذلك يمكن الإجابة على السؤال الأول بأن الشركة يجب أن تختار من بين البدائل المختلفة الماكينة التى تكون النهاية الصغرى لمتوسط تكاليف إقتنائها وتشغيلها أقل ما يمكن .

يأتى بعد ذلك سؤال هام هو فى الحقيقة أولى مراحل إتخاذ القرار إذ أن الإجابة عليه تمثل سياسة الشركة العليا فى هذه الناحية والسؤال هو بالتحديد هل تشترى الشركة معدات جديدة أم لا ؟ فان شراء المعدات معناه إستثمار رأس المال المتاح لدى الشركة وهناك أوجه أخرى عديدة يمكن أن يستثمر فيها رأس المال .

ولابد للإدارة العليا أن تقرر ما إذا كانت ترى إستثمار رأس المال المتاح فى شراء معدات جديدة أم لا ويساعدها كثيرا فى ذلك ما يلى :

١ — المقارنة الإقتصادية بين ما يوجد لدى الشركة من معدات وبين أحسن المعدات المقترح شراؤها .

٢ — مقدار صافى عائد الشركة من هذا التجديد .

٣ — منافسة عائد الشركة هذا ، لعائد أوجه الإستثمار الأخرى .

٤ — الفترة الزمنية اللازمة لاسترداد رأس المال المستثمر .

ويلاحظ أن دقة جمع بيانات معاملات التكلفة المختلفة عنصر أساسى وهام، ويجب أن تعطى العناية الفائقة والوقت اللازم لها .

٩ — ٥ سياسة الإحلال فى ظل الزيادة المستمرة فى الأسعار :

إن الإرتفاع المستمر فى الأسعار أصبح حقيقة من حقائق العصر التى يجب أن تأخذها فى الحسبان ، إلا أنه كثيراً ما يتم إهمال هذا العامل ونحن بصدد إحلال الآلات ، ويرجع ذلك إلى جانب كبير إلى صعوبة التنبؤ بها إذ أنها لا تأخذ معدل ثابت من وقت لآخر . كما يختلف تأثيرها بشكل واضح من قطاع إقتصادى لآخر ، إلا أن هذا لم يمنع من ظهور العديد من النماذج التى تعالج هذه المشكلة والتى تفترض فى أغلبها وجود نسبة ثابتة للإرتفاع فى الأسعار .

ونكتفى بهذه الإشارة العابرة آملين أن نتناول هذا الموضوع فى كتابات أخرى متقدمة .

٩ — ٦ الصيانة Maintenance

هناك ازدياداً ملموساً فى الإحساس بأهمية صيانة الآلات والمعدات وذلك بسبب الزيادة المستمرة فى الأموال المستثمرة فى تلك الآلات ، وتتلخص أهداف وظيفة الصيانة فيما يلى :

١ — تقليل وقت الأعطال الماكينات ، وذلك عن طريق القيام بفحص دورى وتغيير القطع المستهلكة فى الآلات وغيرها من العمليات الفنية كالتزييت والتشحيم . . . الخ .

٢ — القيام بالإصلاحات الطارئة التى يتطلبها حدوث أى عطل مفاجىء فى أى آلة وإعادتها إلى حالتها الأولى .

٣ — المحافظة على الآلات فى حالة جيدة ، وذلك من أجل تحسين جودة الإنتاج من ناحية وزيادة كميته من ناحية أخرى .

٤ — توفير الأمان اللازم فى ظروف العمل ، وذلك باستبعاد وتجنب أخطار الحوادث .

وتواجه إدارة الصيانة فى المشروع أحياناً بعض الصعوبات فى محاولة إقناع رؤساء العمل بضرورة الاستعانة بخدماتهم ، إذ أن هناك إعتقاداً شائعاً بأن الإصلاحات البسيطة يمكن أن يقوم بها مشغل الآلة دون حاجة إلى اللجوء إلى أقسام الصيانة .

إلا أن العامل الخاص بتشغيل الماكينة قد يكون على دراية بكيفية وضع المواد الخام داخل الماكينة ، وكذا كيفية تشغيلها وكيفية إيقافها دون أن يكون ملماً بكيفية صيانتها ، وعموماً هناك أربع مستويات للمعرفة بالآلات والتى يمكن التمييز بينها كما يلى :

١ — المستوى الأول وفيه تقتصر معرفة العامل على مجرد تشغيل الآلة بالمواد الخام .

٢ — المستوى الثانى حيث يكون العامل على دراية بكيفية تجميع أجزاء الآلة المختلفة من واقع الرسوم . وكذلك كيفية تعقب الخطأ أو العطل وتولى إصلاحه .

٣ — المستوى الهندسى ، أى المستوى الخاص بتصميم الآلة وإعداد الرسومات اللازمة لذلك والتى توضح كيفية تجميع أجزائها المختلفة .

٤ — المستوى النظرى الذى يتطلب تفهم الأسس العلمية التى يقوم عليها .

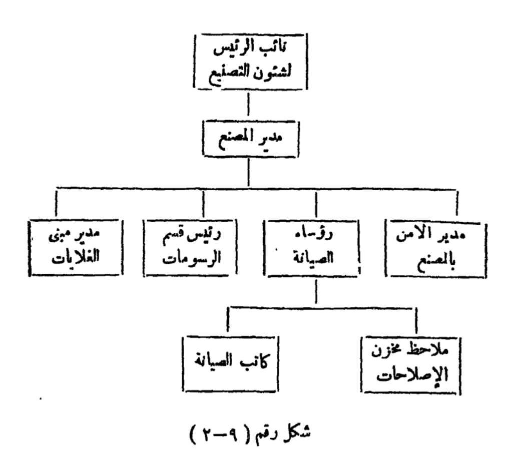
ويمكن القول أن معلومات العامل عادة مالا تتجاوز المستوى الأول ، أما رجل الصيانة فيجب ألا تقل معلوماته عن المستوى الثانى .

٩ — ٦ — ١ التنظيم الخاص بالصيانة :

يختلف موقع قسم أو إدارة الصيانة من مشروع لآخر وذلك وفقاً لحجم المشروع ودرجة الميكنة فيه ووجهات نظر الإدارة وغيرهم من العوامل ، إلا أنه من المفضل دائماً بالنسبة للمشروعات الكبيرة ضرورة وجود إدارة مركزية للصيانة .

وعموماً تعد أعمال الصيانة جزء من أقسام التصنيع التى يمكن أن يرأسها نائب رئيس لشئون التصنيع ، ويليه مهندس المصنع وهو الشخص الذى يرفع إليه رؤساء عمال الصيانة تقاريرهم ، كما يمكن أن يعاون رؤساء عمال الصيانة فى عملهم كاتب وكذلك شخص آخر كملاحظ لحجرة المخزن الخاص بادوات الإصلاح وقطع الغيار .

وبطبيعة الحال يتوقف حجم هذا التنظيم كما ذكرنا على حجم المشروع ، ويمكن القول بأن عدد العاملين فى الصيانة يمثل ما بين ٨ ٪ إلى ١٠٪ من عدد العاملين فى الإنتاج ويوضح شكل رقم (٩ — ٢) خريطة تنظيمية للصيانة .



شكل رقم (٩—٢)

خريطة تنظيمية توضح موقع الصيانة فى الهيكل التنظيمى للمشروع

وفى بعض الحالات نجد أن إدارات الصيانة تتولى أيضا الأعمال الخاصة بصيانة المبانى بالإضافة إلى صيانة الآلات والمعدات ، وكذلك نجد فى بعض المشروعات أنها تستعين بشركات خدمة متخصصة للقيام بجزء من أعمال الصيانة الخاصة بهم ، وعادة ما يكون التعاقد مع هذه الشركات لمواجهة الفترات التى تمثل ضغطاً على المشروع — فترات الرواج — أما الأعمال الروتينية للصيانة فيقوم بها المشروع نفسه ، كذلك نجد أن بعض المشروعات عادة ما تلجأ للخدمات الخارجية فى أعمال معينة مثل أعمال الطلاء للمبانى ، والإصلاحات الخاصة بالمصاعد والإصلاحات الخاصة بأجهزة التكييف وأعمال الرصف والتمهيد... إلخ

وقد يتم القيام بعمليات الإصلاح عند موقع الآلة التى تحتاج إلى إصلاح ، حيث يأخذ عمال الصيانة الأدوات اللازمة ويذهبوا إلى موقع الآلة . أو قد يتطلب الأمر أخذ قطعة أو جزء من الآلة إلى ورشة الصيانة ، وفى بعض الحالات قد تؤخذ الآلة كلها إلى الورشة لإجراء عمليات الإصلاح اللازمة لها .

٩ — ٦ — ٢ العلاقة بين أقسام الصيانة وبين أقسام التشغيل :

يلاحظ فى بعض المشروعات أن أقسام الصيانة لا تأخذ القدر الكافى من الإهتمام بالنسبة للأقسام الإنتاجية ، وأنه ينظر إلى أعمال الصيانه — ومن ثم القائمين عليها — على أنها أقل مكانه وأهمية من الأعمال الإنتاجية ، كما أن الأدوات والمعدات التى يستخدمها عمال الصيانة كثيراً ماتكون قديمة ومستهلكة ، كما تعانى الأعمال المكتبية اللازمة للصيانة من نفس الشيء حيث لاتحصل على القدر اللازم من العناية ، وبالرغم من أنه كثيراً مايطلب من عمال الصيانة العمل أوقاتاً إضافية إلا أنه دائماً مايرجع الفضل إلى الأقسام الإنتاجية فى أى زيادة للإنتاج .

كما تمثل ساعات العمل والأجور الخاصة بعمال الصيانة مشكلة خاصة إذ من الصعب تجنب العمل لساعات إضافيه فى أقسام الصيانة ، كما أن اشتراك مجموعة من عمال الصيانة فى أداء عمل واحد كإصلاح آلة معينة يؤدى إلى خلق مشكلة فى كيفية محاسبتهم على الأجور التى يستحقها كل منهم ، وذلك على عكس الحال بالنسبة لعمال الإنتاج ، ولهذا فإن المقارنة بين أجور كل من الفريقين (فريق عمال الصيانة وفريق عمال الإنتاج) كثيراً ماتخلق مشكلة ملموسة فى مجال العمل.

٩ — ٦ — ٣ تطوير السياسات الخاصة بالصيانة :

تتأثر سياسات الصيانة دائماً بدرجة الميكنة المستخدمة فى المشروع ، كما أنها تتأثر بالطبع بالإرتفاع المستمر فى تكلفة الآلات وفى تكلفة الأعطال ، وقد أدت الأوتوماتيكية وانتشارها إلى زيادة الحاجة إلى المهارات العالية الواجب

توافرها فى رجال الصيانة ، كما أصبح هناك حاجة إلى استخدام معدات وأدوات أكثر تعقيداً للقيام بالإصلاحات اللازمة ، كذلك فان إتخاذ بعض القرارات — مثل تلك الخاصة بمدى القيام بإجراءات الصيانة الوقائية — أصبح من إختصاص المستويات الأعلى مثل مدير المصنع وذلك نظراً لإرتفاع قيمة الآلات وارتفاع التكلفة الناتجة من الأعطال وكذا تكاليف الإصلاح ، وكذا التكاليف الناتجة عن عدم تلبية رغبات المستهلكين مع فقدان جانب من المبيعات خلال فترة التعطل ، هذا بالإضافة إلى تحمل تكلفة العمالة العاطلة سواء المباشرة أو الغير مباشرة ، وكذا التعطل فى العمليات الأخرى التى تعتمد على إنتاج الآلة التى حدث بها العطل .

وقد يتسأل البعض كيف تتعرض هذه الآلات المتقدمة إلى التعطل بشكل مستمر ؟ وذلك رغم أنها قد تكون مصممة ومصنعة وفقا لأحدث مستويات التكنولوجيا . ونجيب على ذلك بأن هذه الماكينات المتقدمة تتكون من مجموعة من الأجزاء حيث يؤدى كل جزء منها عمل معين ، فعلى سبيل المثال يوجد عدد من الأجزاء الكهربائية والميكانيكية المكونة للآلة الكاتبة الكهربائية أكثر بكثير مما قد يتصوره البعض ، الأمر الذى يترتب على توقف أى جزء من هذه الإجزاء إلى توقف الآلة ككل .

فإذا إفترضنا أن آلة ما مكونة من مجموعة من الأجزاء المتتابعة عددها ٥٠ جزءاً ، وإذا كانت صلاحية كل جزء تصل إلى ٩٩٫٥٪ ، فان صلاحية الآلة ككل للعمل تصل إلى حوالى ٨٠٪ فقط . وبمعنى آخر إذا كان إحتمال التعطل لكل جزء ٠٫٥٪ فان إحتمالات التعطل للآلة هو ٢٠٪ .

ولذا فإن مدى صلاحية نظام معين للعمل يتحدد كدالة فى عدد الأجزاء المتتابعة التى تكون النظام من ناحية ومدى صلاحية كل جزء من هذ الأجزاء من ناحية أخرى ، إذ نجد أن مدى صلاحية النظام تتناقص بشكل سريع مع زيادة عدد الأجزاء المكونة للنظام .

ويختلف الأمر تماماً فى حالة وجود الأجزاء فى شكل متوازى إذ قد يوجد فى هذه الحالة عدة أجزاء متماثلة لأداء الوظيفة الواحدة ، وبالتالى فان عدم أداء هذه الوظيفة يتطلب توقف كل هذه الأجزاء مجتمعة . أى أن إحتمال التوقف عن أداء هذه الوظيفة فى هذه الحالة يساوى واحداً صحيحاً مطروحا منه إحتمال التوقف لكل هذه الأجزاء مجتمعة ، الأمر الذى يؤدى إلى زيادة الإحتمال الخاص بصلاحية الآلة فى أداء وظيفتها . إلا أن وجود هذه الأجزاء المتوازية والتى تؤدى وظيفة واحدة عادة مايؤدى إلى تحمل المشروع تكلفة عالية ، ولذا فهى تستخدم فى الحلات التى تستدعى ضرورة التحقق من إستمرارية تشغيل النظام كما هو الحال فى الأجزاء المكونة لمركبات الفضاء .

وهناك مجموعة من الأساليب التى قد تلجأ إليها إدارة المشروعات من أجل المحافظة على سير النظام الإنتاجى وتحقيق التوازن اللازم له ، ويمكن بيانها فيمايلى

١ — زيادة حجم التسهيلات الخاصة بالإصلاح وكذا زيادة عدد العاملين فى فرق الإصلاح ، ومن ثم تخفيض فترات التعطل للآلات إلى أقل حد .

٢ — إستخدام الصيانة الوقائية كلما أمكن ذلك ، وبالتالى إستبدال الأجزاء الحيوية للآلات قبل أن تتعطل ، وعادة مايتم ذلك فى الورديتين الثانية والثالثة بحيث لايعطل ذلك من تنفيذ العمليات الإنتاجية حسب مواعيدها المرسومة .

٣ — توفير مسارات إنتاجية بديلة القيام بنفس العمليات الإنتاجية ، وبصفة خاصة بالنسبة للعمليات الإنتاجية الحرجة ، وذلك حتى يمكن إستخدام هذه المسارات المتوازية والبديلة فى حالة تعطل خطوط الإنتاج الأصلية دون ما تعطل للعمليات الإنتاجية .

إلا أن هذا الاسلوب يؤدى إلى وجود طاقة إنتاجية عاطلة ، ولذا يقتصر إستخدامه فقط فى حالة أرتفاع تكلفة العطل بشكل كبير وذلك كما هو الحال مثلاً فى التصميمات الخاصة بأجزاء مركبات الفضاء .

٤ — التطوير المستمر للتصميمات الهندسية الخاصة بالآلات ومكوناتها حتى ترفع من كفايتها فى الآداء من ناحية وزيادة عمرها الإنتاجى من ناحية أخرى .

٥ — محاولة الفصل بين المراحل الإنتاجية المختلفة وتحقيق شيء من الإستقلالية لكل منها ، وذلك عن طريق القيام بالتخزين بين هذه المراحل الإنتاجية حتى لا يؤدى حدوث عطل فى إحدى آلات مرحلة ما إلى تعطل العمل لآلات مراحل لاحقة .

وتلعب أساليب بحوث العمليات دوراً كبيراً فى تحديد أفضل الأساليب السابقة والتى يمكن إستخدامها فى مشروع معين ،إلا أننا سنقتصر فى هذا الصدد على بيان مدى فاعلية إستخدام الصيانة الوقائية كأسلوب بديل للأسلوب الأول الخاص بتدعيم فرق الإصلاح ، ويقتضى ذلك دراسة أوقات العطل وذلك كما يلى :

٩ — ٦ — ٣ — ١ التوزيعات الإحتمالية الخاصة بأوقات العطل :

إن إختيار الأسلوب الأمثل للصيانة يقتضى بالضرورة دراسة التوزيعات الإحتمالية التى تبين التكرارات النسبية الخاصة بفترات التشغيل المستمرة للآلة دون أى توقف . إذ نجد أن فترات عدم التشغيل للالات البسيطة والتى تتكون من عدد محدود من الأجزاء تميل إلى الثبات حول رقم متوسط ت م ، أما إذا تعددت الاجزاء المكونة للالة وكان لكل جزء توزيع إحتمالى خاص بوقت العطل الخاص به ، فإن التوزيع الإحتمالى لوقت العطل بالنسبة للآلة ككل سوف يميل إلى التشتت نسبياً ، وقد يأخذ المنحنى الخاص بوقت العطل شكل المنحنى الاسى حيث تزداد درجة التشتت ، إذ تتم نسبة كبيرة من الاعطال بعد مرور فترة بسيطة من آخر مرة تم فيها إصلاح الآلة ،وكذا تتم نسبة كبيرة من الاعطال بعد مرور مدة أطول بكثير من الوقت المتوسط ، وتحدث هذه الحالة (الحالة

الخاصة بالمنحنى الاسى) لكثير من الآلات التى إذا ماتم إصلاحها بدقة فإنها تعمل لمدة طويلة ودون توقف ، وعلى العكس من ذلك إذا لم يتم الإصلاح بشكل دقيق فعادة ماتحتاج إلى إعادة إصلاح بعد وقت قصير من وقت الإصلاح الاول .

٩ — ٦ — ٣ — ٢ الصيانة الوقائية كأسلوب بديل لإصلاح الآلات :

تقضى سياسة الصيانة الوقائية إلى إجراء فحص دورى على الالات وإجراء تغيير لبعض أجزائها الهامة وذلك بعد مجموع ساعات تشغيل محددة مسبقا دون انتظار لتعرض هذه الاجزاء للعطل الفعلى ، وبالتالى تعطل الالات ، وإذا كان الوقت اللازم للصيانة الوقائية $ت_ص$ والوقت اللازم للاصلاح $ت_ح$ ، فإنه يمكن توضيح دوره تشغيل الالة كما فى شكل (٩ — ٣) .

$ت_ص$ $ت_ص$ تعطل الالة $ت_ح$

شكل (٩ — ٣)

$ت_ص$ = الوقت المتوسط اللازم لإجراء الصيانة .

$ت_ح$ = « « « « الإصلاحات اللازمة

ويتوقف حدوث عطل مفاجىء وبالتالى ضياع وقت فى أعمال الإصلاح $ت_ح$ على التوزيع الاحتمالى لاوقات عطل الالة ، إذ تقل كلما قلت درجة التشتت وكان هناك إحتمال كبير لحدوث العطل بعد مرورة فترة محددة مسبقاً ، وعلى

العكس من ذلك تزداد حالات العطل المفاجىء. كلما زادت درجة التشتت وبالتالى عدم إمكانية التنبؤ بطول فترة تشغيل الآلة دون تعطل . إذ فى حالة تركز رقم العطل حول رقم متوسط فإنه يمكن فى هـــذه الحـالة إجراء الصيانة الوقائية على فترات أقصر قليلا من هـــذا الوقت المتوسط وبالتالى تتفادى بذلك إحتمالات تعطل الآله بشكل كبير ، وعلى العكس من ذلك إذا ما تميز وقت العطل بالتشتت حول هذا الرقم المتوسط فإن إجراء الصيانة الوقائيـة على فترات مماثله للحاله السابقة ان يؤدى إلى منع نسبة كبيرة من الأعطـال ، الأمر الذى قد يقتضى هذه الحاله الاخيرة ضرورة تقصير الفترة اللازمة لإجراء الصيانة الوقائيـه .

٩ — ٦ — ٣ — ٣ بعض القواعد الإرشادية لرفع كفاءة الصيانه الوقائية :

هناك مجموعة من القواعد العـامة التى تسـاعد على رفع النتائج المتوقعة من السياسة الخاصة بالصيانة الوقائية التى يتبعها المشروع ، والتى نوردها فيما يلى :

١ ــ تصلح الصيانه الوقائية أساساً للمـاكينـات التى تتمـيز التوزيعـات الإحتمالية الخاصة بأوقات العطل فيها بعدم التشتت ، إذ فى هذه الحاله يمكن التنبؤ إلى حد كبير بالوقت الذى يحتمل أن يحدث فيه توقف الماكينـات ، وبالتـالى يمكن تحديد فترات الصيانة الوقائيه بالشكل الذى يمنع حدوث هذا التوقف .

٢ ــ العلاقة بين الوقت اللازم لإجراء الصيـانة الوقائية والوقت اللازم لإجراء الإصلاح ، فإذا تساوى الوقت اللازم لإجراء الصيانة الوقائية مع الوقت اللازم الإصلاح ، كان معنى ذلك عدم وجود أى فائدة من وراء إجراء الصيـانه الوقائية ، إذ فى هذه الحاله يتحقق أقل وقت لتوقف الآلة عن العمل إذا ما تركت دون أى صيـانة وقائية مع الإقتصـار فقط على إجراء الإصلاح لهـا عنـد حدوث العطل ، وعلى العكس من ذلك إذا كان الوقت اللازم لإجراء الصيانة

الوقائية أقل بكثير من الوقت اللازم للإصلاح ، ففى هذه الحالة الأخيرة يفضل إجراء الصيانه الوقائية لتفادى إحتمالات العطل ، وبالتالى تفادى توقف الآله لمدد أطول خلال فترات الإصلاح .

أى أنه يمكن تلخيص ماسبق فى أن الصيانة الوقائية تكون أحسن ما يمكن فى حالة إمكانية التنبؤ بدرجة كبيرة بالفترات التى تعمل فيها الآلة دون توقف أى حالات عدم تشتت التوزيعات الإحتمالية الخاصة بوقت العطل ، كذا فى الحالات التى يكون فيها متوسط الوقت اللازم لإجراء الصيانة الوقائية أقل من متوسط الوقت اللازم لإجراء الإصلاحات فى حالة تعطل الآله .

٣ — تكلفة توقف الآلة ، إذ قد يؤدى توقف الآله إلى توقف الخط الإنتاجى كله وبالتالى تحمل تكلفة عالية ، الأمر الذى يفضل معه تفادى ذلك عن طريق إجراء صيانة وقائيه ، خاصة إذا ما أمكن إتمام ذلك فى الوردية الثانية أو الثالثة أو فى فترات الأجازات او ساعات الراحة ، إذا فى هذه الحالة الأخيرة (حالة إرتفاع تكلفة تعطل الآلة) يفضل إجراء الصيانة الوقائية حتى لو تساوى الوقت اللازم للصيانة الوقائية مع الوقت اللازم الإصلاح .

ويمكن النظر إلى مشكلة الصيانة على أنها مشكلة صفوف إنتظار والتى تتمثل فى وجود جهة خدمة Server ومجتمع يطالب خدمات هذه الجهة يتولى أفراده الدخول إلى جهة الخدمة وفقاً لتوزيع إحتمالى معين وتتولى جهة الخدمة هذه تقديم الخدمات إلى الأفراد طالبى الخدمة وفقاً لنظام معين مثل خدمة الوارد أولا (FIFO) وهنا يتم خدمة طالب الخدمة مباشرة إذا لم يكن هناك فرد سابق يتم خدمته بجهه الخدمة أو يتم إلتحاق طالب الخدمة إلى صف الإنتظار إذا كانت جهة الخدمة مشغولة بخدمة أفراد سبق دخولهم النظام ولم يتم خدمتهم بعد .

فإذا افترضنا أن كل آلة لها نفس التوزيع الإحتمالى لوقت العطل ، فإنه يمكن النظر إلى الآلات على أنها المجتمع طالب الخدمة ، وإلى حالات العطل على أنها الأفراد طالبة الخدمة والتى يتم خدمتها مباشرة فى حالة عدم وجود آلة تحت الصيانة فعلا ، أو يتم إلحاقها بصف الإنتظار فى حالة إنشغال فريق الصيانة ، وننظر إلى فريق الصيانة على أنها جهة الخدمة .

وهنا نفترض أن تكاليف الإنتظار دالة فى صف الإنتظار إذ تتزايد بشكل مانع زيادة صف الإنتظار ، وهنا يمكن تقليل هذه التكاليف عن طريق الإسراع بمعدل الخدمة وذلك بزيادة فريق الصيانة ، إلى أن ذلك قد يحمل المشـــروع تكلفة عاليه تتمثل فى أجور فريق الصيانة خاصة إذا بقى هذا الفريق عاطلا لمدة طويله ، ولذا تصبح مهمة الإدارة هى إيجاد حل أمثل للمشكله عن طريق تحقيق التوازن بين تكلفه تعطل الآلات من ناحيه وتكلفة فريق الصيانة من ناحية أخرى .

٩ - ٦ - ٤ التخطيط للصيانة :

يجب على المسئول عن نشاط الصيانة فى المشروع ، أن يتجنب دائماً المغالاة أو التقصير فى أداء هذه النشاط ، إذ أن كلا الإتجاهين والتطرف فيهما أمر غير مقبول ، فالاتجاه الأول يسمح أو يحبذ دائماً القيام بأعمال الصيانة وعمل عمرة للآلات اواستبدال بعض أجزائها كلما أمكن ذلك ، فى حين أن الإتجاه الثانى يسمح بترك الآلات تعمل لفترات طويله جداً دون الإهتمام بها أو التفكير فى صيانتها .

٩ - ٦ - ٥ الجدولة الزمنية :

رغم أن معظم المشروعات تقوم بتخطيط وجدولة الأعمال الخاصة بالفحص والتشحيم وأعمال الصيانة الأخرى ، إلا أن هناك الكثير أيضاً من المشروعات لاتقوم بجدولة الجزء الأكبر من أعمال الصيانة ، ويؤدى تخطيط وجدولة أعمال

الصيانة إلى تخفيض عدد مرات التوقف والعطل ، وبالتالى تخفيض عدد مرات الإصطلاحات الطارئة .

٩—٦—٦ تطوير برامج الصيانة :

من أجل تجنب حدوث المشاكل التى يمكن أن تواجه المشروع فيما يتعلق بضمان استمرار الآلات والمعدات فى العمل دون حدوث أعطال مفاجئة ، فإن هناك بعض القواعد التى تفيد إدارة المشروع كثيراً إذا ماتم الأخذ بها ، وأهم هذه القواعد :

١ — تشجيع عمال الصيانة على تطوير قدراتهم ومهاراتهم ، وذلك من خلال حضورهم دورات أو محاضرات فى بعض المدارس أو المعاهد الفنية .

٢ — معرفة الأجزاء الهامة والحساسة فى الآلات التى تتطلب إهتماما ، وضرورة القيام بكل أعمال الصيانة الوقائية بالنسبه لهذه الأجزاء .

٤ — أن تعهد بأعمال الصيانة الوقائية الروتينية للعمال الفنيين عندما لا يكونوا فى ورديات العمل .

٥ — تسجيل تكاليف الإصلاح بالنسبة لكل آلة ، وتوضيح تلك التكاليف المتعلقة بالمواد المستخدمة وتلك الخاصة بالقوى العاملة ، مع توضيح إسم من قام بالإصلاح .

٩—٦—٧ تحديد حجم العمل وأعباؤه :

يتطلب القيام بأى عمل من أعمال الصيانة أمر آكتابياً من الشخص أو السلطه المسئولة عن ذلك ، وقد تتمثل هذه السلطة فى مهندس المصنع ، أو الملاحظ ، أو رئيس عمال القسم الذى يحتاج للإصلاح ، أو غيرهم من المسئولين ، ويتوقفه

ذلك على الهيكل التنظيمى للمشروع ، وإذا كان العمل المطلوب عاجلا فإن الطلب قد يتم تليفونياً إلى الشخص المسئول الذى يصدر أمر العمل ، ويوضح طلب الإصلاح طبيعة العمل المطلوب القيام به ، المواد والأدوات اللازمة ، وكذلك تكلفة العمل المتوقعه .

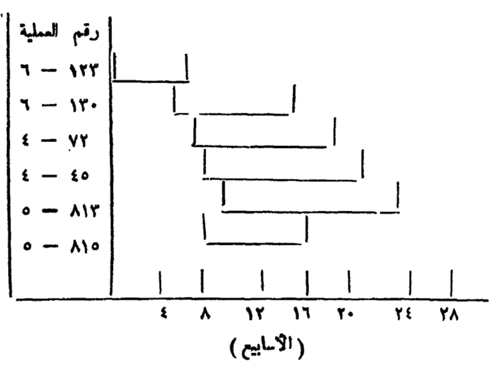
أما بالنسبة للصيانة الوقائية ، فإن الخطوة الأولى فى إعداد الخطة الخاصة بها هى حصر وتسجيل كل الأصول الموجودة فى المصنع ، ويتم وصف كل آلة فى كرت خاص بها له رقم خاص ، ويسجل فى هذا الكرت نوع الخدمة التى تحتاجها هذه الآلة ، وأيضا عمليات التفتيش المطلوبة ، وبعد ذلك يتم عمل جدول زمنى لعمليات التفتيش والخدمة .

٩ — ٦ — ٨ متابعة تقدم العمل :

يسجل العمال الذين يقومون بعمليات الإصلاح أو الخدمة طبيعة الإصلاح أو العمل الذى تم وذلك على أمر العمل ، وإذا تبين بعد ذلك من التفتيش أن هناك حاجة إلى مزيد من العمل فيسجل ذلك على أمر العمل أيضاً ، ويقوم رئيس عمال الصيانة عادة بفحص أوامر العمل التامة يومياً ويرسلها إلى مهندس المصنع كما يتم إخطار قسم حسابات التكاليف بما تم من أعمال ، ويستخدم الملف الخاص بأوامر العمل التامة كأساس لتقدير التكلفة بالنسبه للاعمال التى مازالت تحت البحث .

وفى الأحوال التى يكون فيها حجم أعمال الصيانة المطلوب ضخما ، تستخدم طرق أكثر تعقيداً ، وتخطط بعض الشركات لاعمال الإصلاح الرئيسية لمدة سنة مقدما ، وتوضح فى مثل هذه الخطط تواريخ الإبتداء والإنتهاء المقترحة للعمل وكذلك عدد العاملين . وعادة ما يتم إعداد هذه الخطط الزمنية فى اجتماع يضم رؤساء أقسام المصنع أو مسئولين عنهم ، وفى تلك الإجتماعات يؤخذ فى الحسبان الترتيب المطلوب أو المفضل للاعمال ، ومدى توافر العمال والخامات ، ثم يتم تصوير هذه الخطة الزمنية بيانياً باستخدام خرائط جانت ، حيث يبين المحور

الأفقى الأسابيع أو الشهور خلال السنة ، ويمثل كل مشروع عمل بخط أفقى يوضح طول المدة المقدرة للعمل به ، وذلك كما هو موضح بالشكل الآتى :



ويمكن أيضا أن يتم التخطيط الزمنى للعمل بالنسبة لكل فريق أو لكل عامل ، ومن ثم يوضح الواجبات الخاصة بذلك العامل لكل ساعة خلال اليوم ولكل يوم من أيام الأسبوع ، ويسمى هذا الاسلوب التحميل بالنسبة للعامل ويهدف هذا الأسلوب إلى توفير عمل مستمر للعامل وإلى تجنب الأوقات التى قد يقضيها بدون أى عمل ، ويجب أن يتناسق هذا الأسلوب — أسلوب التحميل بالنسبة للعامل — مع أسلوب التحميل بالنسبة للآلة والذى يهدف إلى ضمان تشغيل الالة باستمرار وتقليل الوقت الذى قد تكون فيه بدون عمل إلى أدنى حد ممكن .

٩ — ٤ — ٩ إدارة مخازن الصيانة :

تعتبر مراقبة المخزون للأجزاء وقطع الغيار والمواد الأخرى المختلفة

اللازمة للصيانة من الأمور البالغة الاهمية لاى مشروع . وذلك لعدة أسباب أهمها :

١ — ضمان توافر هذه الاجزاء وقطع الغيار عند الحاجة اليها ، ومن ثم يمكن تخفيض وقت الاعطال الى أقل حد ممكن .

٢ — تخفيض الخسائر التى قد تقع بسبب الإهمال أو التلاعب ، لاسيما وأن الأموال المستثمرة فى هذه الأجزاء وقطع الغيار كثيراً ما تمثل بندا لا يستهان به من الأصول فى كثير من المشروعات .

٣ — تسهيل امكانيات تحديد تكاليف الصيانة بدقة .

وفى معظم المصانع تخصص مساحة مستقلة لقطع الغيار وأدوات ومواد الصيانة ، ويكون هناك أمين أو مشرف لها يعمل تحت اشراف رئيس عمال الصيانة ويكون مسئولا عن أعمال التخزين المختلفة .

ولا تختلف أساليب مراقبة المخزون الخاص بالصيانه عن تلك الأساليب المستخدمة فى مراقبة المخزون بأنواعه الأخرى .

٩ — ٤ — ١٠ مراقبة أعمال الصيانة :

من المهم للمسئول عن نشاط الصيانة أن يكون دائما على علم بتكلفة هذا النشاط وما اذا كانت فى حدود المقبول أو أنها تتجاوزه ومقدار هذا التجاوز عندما يحدث، وتواجه المسئول هنا صعوبة تتمثل فى أنه ليست هناك طريقة سهلة لتخطيط ميزانية خاصة بمصروفات الصيانة ، ومن ثم يصعب مراقبة تلك المصروفات.

ومن ناحية أخرى فان مقارنة تكاليف الصيانه فى مشروع ما بنفس هذه التكاليف فى مشروع آخر ليست ذات فائده كبيرة وذلك لعدة أسباب منها أن درجة الصيانة المطلوبة تزداد فى المشروعات التى تستخدم معدات أكبر حجماً ، كذلك فان درجة الميكنة المستخدمة فى المشروع لها تأثير على حجم نشاط الصيانة

اللازم ، نوع العمليات الانتاجية المستخدمة فى التصنيع ، عدد دوريات العمل اليومية والأسبوعية . . . الخ

٩ — ٦ — ١٠ — ١ معايير الأداء :

هناك معايير متنوعة يمكن الاسترشاد بها فى ادارة وتقييم كفاءة نشاط الصيانة فى المشروع ، منها ما يوضح حجم نشاط الصيانة وتوزيعه ، ومنها ما يوضح طبيعة ومقدار مصروفات الصيانة المختلفة ، وكذلك هناك المعايير التى توضح العلاقة بين نشاط الصيانة وانتاجية المصنع ، وفيما يلى نبذة عن بعض هذه المعايير العامة .

— من أكثر المعايير استخداما لقياس كفاءة الإدارة ومدى نجاحها فى تخطيط نشاط الصيانة ، هو ذلك المعيار الذى يوضح عدد ساعات العمل الطارىء كنسبة من ساعات العمل الكلية فى القسم

$$\frac{\text{ساعات العمل الطارىء (أسبوع — شهر)}}{\text{ساعات العمل الكلية (أسبوع — شهر)}}$$

كذلك هناك معيار آخر يساعد فى تقييم نشاط ادارة الصيانة فى المشروع ، وذلك بمقارنة مجموع ساعات العمل الشهرية التى انفقت على أعمال الصيانة الوقائية مع تلك التى انفقت على عمليات الإصلاح خلال نفس الشهر .

$$\frac{\text{ساعات العمل فى الصيانة الوقائية (شهر)}}{\text{ساعات العمل الخاصة بالاصلاح (شهر)}}$$

— كذلك يمكن الاستعانة بالنسب المالية لإظهار نفقات الصيانة كنسبة من [اجمالى الاستثمارات فى الالات والمعدات ، أو كنسبة من التكلفة الكلية للمنتج.

$$\frac{\text{اجمالى تكاليف الصيانة}}{\text{اجمالى المستثمر فى الالات والمعدات}}$$

$$\frac{\text{التكاليف الكلية للصيانة}}{\text{التكاليف الكلية للانتاج}}$$

— كما يمكن أن يساعد تصنيف التكاليف الكلية للصيانة فى تحليل وتقييم هذا النشاط، وذلك كاظهار النسب المئوية الخاصة باعمال الصيانة الروتينية ، الفحص والاصلاح ، الاصلاحات الطارئة الناتجة عن اعطال مفاجئة . . . الخ من أعمال الصيانة المختلفة .



وبمقارنة تلك النسب بمثيلاتها فى السنة والسنوات السابقة يمكن معرفة الاتجاه الخاص بكل نوع من انواع التكاليف الخاصة بنشاط الصيانه ، كذلك فان من الضرورى أن تقارن التكاليف الفعلية للصيانة بما هو مخصص لها فى الميزانية لمعرفة مدى التجاوز أو النقص .

٩ — ٦ — ١٠ — ٢ تقارير الإدارة :

تحتاج الإدارة دائماً الى بيانات وافية عن الصيانة وتكلفتها ، ويتم لها ذلك من خلال التقارير التى ترفع اليها ، وأحد هذه التقارير ذلك الذى يوضح تكلفة الصيانة بالنسبة للاقسام المختلفة وبالنسبة للالات فى كل قسم ، وقد ينكشف للادارة من خلال هذه التقارير أن التكاليف المرتفعة للصيانة عادة ما تحدث من آلات معينة رغم أن هذه الالات عالية او مرتفعة القيمة .

وهناك تقارير فى صورة ملخص أسبوعى ، يوضح فيها تكلفة الصيانة لكل عملية انتاجية مع مقارنة ذلك بتكلفة العمل الخاصة بهذه العملية ، كما توضح مثل هذه التقارير الساعات المعيارية المقدره لأعمال الصيانة والساعات الفعلية لها خلال الأسبوع .

ومن المفضل أن يكون هناك تقريراً شهرياً يظهر مدى التقدم فى تنفيذ أوامر العمل .

وتستخدم المعلومات المتعلقة بتكاليف الصيانة دائماً كمرشد هام عند شراء آلات جديدة ، كما يجب أن يستشار مدير إدارة الصيانة قبل شراء آلة جديدة في المشروع ، فقد تكون بعض الآلات ذات تصميم خاص يكون من الصعب تشحيمها أو استبدال الأجزاء المستهلكة فيها وهذه البيانات وغيرها لا يمكن تجاهلها عند الشراء ، كما أنه لا يمكن معرفتها والتحقق منها إلا بوجود الشخص المسئول عن هذا النشاط .

وقد أدت الأساليب الالكترونية الحديثة في تشغيل وإستخدام البيانات إلى زيادة كبيرة في سرعة تدفق المعلومات والتقارير المتعلقة بأعمال الصيانة ، ومن ثم مكنت من إحكام الرقابة عليها ، فمثلا تلك التقارير الخاصة بالخامات والأجزاء والتي كانت تستغرق وقتاً قد يصل إلى ثلاثين يوماً ، أصبحت الآن تصل إلى مدير أو مسئول الصيانة خلال ساعات قليلة ، كما أن التقارير التفصيلية الخاصة بكل آلة من الآلات أصبح من السهل إعدادها ، وكذلك تلك الخاصة بتكاليف الإصلاح . ومن ثم أمكن التغلب على المشكلات عند بدايتها وأصبح من الممكن التحكم في نفقات الصيانة بدرجة أكبر .

٩-٦-١٠-٣ بعض الأسباب التي تؤدي إلى إنخفاض مستوى الأداء في أعمال الصيانة:

يمكن تلخيص الأسباب التي تؤدي إلى سوء مستوى الأداء في نشاط الصيانة فيما يلي : —

— المغالاة أو الإقلال الشديد في الأعمال الخاصة بالصيانة .

— صعوبة وضع معايير إنتاجية لنشاط الأفراد القائمين بأعمال الصيانة .

— الإختلاف بين الآلات في الزمن اللازم لإتمام أعمال الصيانة الوقائية لها.

— كثرة عدد الآلات التي ينبغي إعداد سجلات لها .

— كثيراً ماتتم أعمال الصيانة في غيبة رئيس العمل .

— إنخفاض مستوى الأفراد العاملين في الصيانة في بعض المشروعات .

الفصل العاشر

الرقابة على الجوده

١٠ — ١ مقدمة :

من الأقوال التي كثيرا ماتتردد على السنة المديرين أن هدفهم الرئيسي هو إنتاج سلع بأعلى جودة وبأقل تكلفة ممكنة ، ويعكس هذا القول عدم وضوح مفهوم الجودة وأهميتها للمشروع لدى هؤلاء المديرين ، وكل ما يمكن أن يعنيه هذا القول أنهم يعملون على تحقيق نوع من التوازن بين الجودة والتكلفة .

وبالطبع فان للجودة تكلفتها ، وتحقيق درجة عالية من الجودة لن يتم إلا بانفاق المزيد من الأموال ومن ثم زيادة تكلفة الوحدة المنتجة ،فإذا كان المستهلك على استعداد لدفع سعر أعلى من أجل الحصول على جودة أفضل فان هذا يبرر استخدام استراتيجية تعتمد على مستويات عالية للجودة ، ولكن إذا كان تحقيق درجة أعلى من الجودة سيؤدى إلى ارتفاع السعر بدرجة كبيرة ، فان هذه الجودة العالية ستدفع المشروع إلى أن يجد نفسه خارج السوق .

ومن ثم فان السؤال هنا هو ماهى درجة الجودة التي تريدها ؟ وبأى تكلفة أو ثمن ؟ ، فمثلا من المسلم به أن عربة مثل الرولز رويس تتمتع بدرجة من الجودة أعلى من الفولكس واجن ، ومع ذلك فمن الصعب أن تحدد أيهما يعتبر من — وجهة نظر مشتر ما — صفقة شرائية أفضل ، وذلك نظرا للعلاقة بين الجودة والسعر .

وحتى يمكن فهم الجودة بطريقة أفضل ، وذلك فى مجال إنتاج السلع والخدمات يجب أولا أن نحدد ماهى الجودة ، وماهى التكاليف المتعلقة بها وكيف يمكن تحقيقها والرقابة عليها ، وبالإضافة إلى ذلك فإننا يجب أن نتذكر أن للجودة أهمية تفوق مجرد كونها عاملا إقتصاديا ، إذ أن لها أبعادا وآثاراً إجتماعية وقانونية كثيرة ، فمثلا قد يشترى شخص أحد الأجهزة الكهربائية المنزلية ثم يكتشف أنه لا يعمل ، ومع ذلك فإن هذا لم يلحق به ضررا مباشراً بأى صورة ، أما إذا كان مستوى جودة الإنتاج بالنسبة لسيارة أو طائرة منخفض ، أو كان مستوى الخدمة الطبية فى مستشفى ضعيف ، فان الأمر هنا قد يتعلق بخسائر فى الأرواح .

وكثيراً مايساوى الناس بين الجودة والفخامة أو الرفاهية ، وهم يشيرون بذلك إلى كل ماهو غال ومتميز كالعربات الفاخرة والفنادق الممتازة أو المجوهرات الثمينة أو معاطف الفراء .. الخ ، وفى الحقيقة فان كلا مما سبق قد يكون مرتفع أو منخفض الجودة مقارنة بما يماثله من السلع أو الخدمات .

١٠ — ٢ معنى الجودة :

الجودة هى أحد خصائص أو معالم المنتج مثل حجمه أو شكله أو مكوناته ، وبالتحديد فانها خاصية تحدد قيمة المنتج فى السوق والصورة التى سيؤدى بها الغرض الذى صمم من أجله ، وجوده منتج أو سلعة ماعادة مايعبر عنها كنمط أو مستوى أما بالنسبة لجودة وحدة معينة من هذا المنتج فتقاس بدرجة مطابقة هذه الوحدة لذلك المستوى ، وعلى هذا فان أى تعريف للجودة يجب أن يتضمن كلا من المستوى أو النمط المحدد مسبقا للمنتج ، ودرجة توافق أو تطابق الوحدات المنتجة مع هذا المستوى .

ويمكن تحديد هذا المستوى أو النمط من خلال مصادر كثيرة ، فأولا قد يتم ذلك من خلال المستهلكين أنفسهم ، إذ أن سلوكهم وتصرفاتهم الشرائية بالإضافة إلى بحوث السوق يعطى صورة لمستوى الجودة الذى يرغبه المستهلك وعلى استعداد لأن يدفع من أجل الحصول عليه ، وثانيا فان المستوى يمكن أن يوضع فى ضوء الإستراتيجية أو السياسة التى تريد الإدارة العليا تطبيقها فى المشروع ، فقد تهدف هذه السياسة إلى أن تكون المنشأة فى مستوى القمة بالنسبة للجودة ـ فى الصناعة أو فى الوسط أو فى القاع ، وثالثاً فان المصمم المتخصص يمكن أن يحدد طاقة أو قوة تحمل معينة يجب توافرها فى جزء ما بحيث يتمشى مع بقية الأجزاء فى المنتج ، وأخيراً فان كلا من هذه الأنماط أو المستويات يجب أن تترجم إلى معايير فنية محددة ، بحيث تكون مرشداً خلال عملية تصنيع وتجميع السلعة .

١٠ ــ ٣ أبعاد الجودة :

الجودة ليست خاصية واحدة ولكنها مجموعة متنوعة من الخصائص يجب أن تتحقق سويا كجزء من مستوى المجموعة المطلوب .

الناحية الوظيفية : تشير إلى ما إذا كان المنتج يؤدى وظيفته بعد الإنتهاء من عمليات التصنيع ، وهذه الناحية يمكن قياسها على أساس الإجابة بنعم أو لا ، فمثلا اللمبة الكهربائية إما أن تضىء أو لا تضىء ، وأحياناً يمكن قياسها بمدى الاستمرار فى أداء الوظيفة ، أى فترة الحياة أو عدد الساعات التى يمكن أن تستمر فيها اللمبة مضيئة .

الثقة : معرفة المدة التى سيستمر المنتج خلالها فى العمل فى ظل الظروف الطبيعية فقد يعمل المنتج بصورة طيبة فى أول الأمر ، ولكنه يتوقف قبل أن ينتهى العمر الإنتاجى المقدر له .

المتانة والتحمل : كيف سيعمل المنتج ولأى مدة فى ظل ظروف غير عادية ، وهل سيتحمل أو يقاوم الصدمات ، الحرارة ، البرودة ، الغبار ... ألخ

النواحى الجمالية : وتشير إلى مظهر وشكل المنتج ، وليس إلى أداؤه الوظيفى وذلك مثل مدى نعومه السطح ، مدى تناسق تصميات الأجزاء المختلفة مع بعضها عدم وجود خدوش أو تجريحات . إلخ .

الأمان : هل سيؤدى المنتج وظيفته بدون تعريض المستهلك إلى أى أخطار خلال الاستعمال ، فمثلا الأجهزة الكهربائية ينبغى التأكد تماما من أنها لن تحدث أى نوع من الصدمات الكهربائية أثناء الاستعمال العادى لها .

١٠ — ٤ أين تبدأ الجودة :

غالبا ما ينظر إلى وظيفة مراقبة الجودة فى المشروع على أنها لون من ألوان الرقابة البوليسية التى تلاحظ وتراقب كل المنتجات الخارجة وتحدد أى مخالفات قد تقع ، ومع ذلك فان البرنامج القابل للرقابة على الجودة يجب أن يتضمن ماهو أكثر من مجرد عملية الفحص والتفتيش ، فالجودة لا يمكن ولا يكفى فحصها فى المنتج ، ولكنها يجب أن تصمم وتبنى معه وداخله ، ووظيفة مراقبة الجودة التأكد من أن هذا يحدث فعلا .

وهناك مجالات عديدة داخل المشروع يتحدد فيها التكوين الخاص بدرجة الجودة داخل المنتج ، ويمكن بيانها فيما يلى :

تصميم المنتج : المفروض ألا يختلف المنتج النهائى عن التصميم الموضوع له مسبقا ، وعلى مهندس التصميم ألا يقصر إهتمامه على النواحى الوظيفية الخاصة بأداء الوحدات الأولى المنتجة من السلعة ، بل عليه أن يهتم أيضا بضمان سهولة

إنتاج وتجميع المنتج فى كميات كبيرة ، وقد يحتاج المصمم إلى مراقبة تصميمه عدة مرات لتلائم احتياجات ومتطلبات المراحل الأخيرة للتصنيع .

تصميم العمليات : يؤثر نوع الالات المستخدمة على جودة المنتج ، فلاشك أن استخدام منشار ثمين مرتفع القيمة يؤدى إلى إتمام عملية القطع بشكل أنظف ومن ثم يؤدى إلى أن تتلاءم الأجزاء مع بعضها بطريقة أفضل خلال عملية التجميع ولاشك أن النواحى الأخرى فى تصميم العمليات لها أثرها أيضا وإن كان أقل وضوحا ، فطريقة ترتيب الالات داخل المصنع وعملية مناولة المواد الخام ووسائل التخزين المتبعة وتسلسل العمليات الإنتاجية يمكن أن تؤثر على سياسة نسبة الوحدات المعيبة المنتجة .

المواد الخام : يمكن القول أنه كلما استخدمت مواد خام ذات جودة أفضل كلما كان المنتج النهائى ذو جودة أفضل ، وهناك عدة نقاط يجب مراعاتها فيما يتعلق بمشكلة الحصول على المواد الخام المطلوبة ، فأولا يجب دراسة إختيار المصدر الملائم للشراء بدقة ، ثانيا يجب أن يكون هناك نوع من الفحص للمواد الخام الداخلة للتأكد من مطابقتها للمواصفات المتفق عليها ، وإهمال أى من هذين الإعتبارين قد يؤدى إلى إفتقار المنتج النهائى للجودة المطلوبة والمحددة له .

العاملين : بالإضافة إلى الالات والمواد فان الأفراد يعتبروا العنصر الثالث الهام فى المدخلات ، ولتحقيق أهداف الجودة المحددة ، يجب أن يتم تدريب الأفراد العاملين على المهام والأعمال التى سيقومون بها ، كما يجب أن تكون هناك حوافز ملائمة لتشجيعهم على تحقيق المستوى المطلوب من الجودة ، ويجب أن تراعى سياسات الإختيار والتدريب ذلك المستوى من الجودة الذى ينبغى على العاملين الوصول إليه فى إنتاجهم .

تشغيل العمليات الإنتاجيه : قد يتوافر للمشروع أفضل تصميم وافضل معدات وأفضل خامات وأكفأ عمال ومع ذلك تفشل فى تحقيق مستوى كفاءة عال خلال عملياتها اليومية ، ومن ثم تفشل فى تقديم منتج مقبول من حيث مستوى جودته ، فقد يكون هناك إهمال أو تراخ فى الإشراف ومن ثم لا يكشف عن عيوب كثيرة فى المنتج خلال عمليات التصنيع ، كذلك فإن الإتصالات وسياسيات الأجور والمرتبات والتخطيط الزمنى والرقابة على المخزون وغيرهم من سياسات التشغيل وقواعده وإجراءاته يمكن أن تحدد ما إذا كانت المنشأة ستنتج بمستوى الجودة الملائم لها أو أقل .

التعبئة : تعتقد كثير من المنشآت — خطأ — أن مهمتها فيما يتعلق بالجودة تنتهى عندما تخرج وحدات السلعة من نهاية خط التجميع ، وأنه إذا إجتازت هذه الوحدات الفحص النهائى ، فإن معنى ذلك أنه قد تم إنتاج السلعة بالجودة المطلوبة ، إلا أن المستهلك فى الواقع هو الذى يقوم بمهمة الفحص النهائى ، فإذا لم تحقق وحدات السلعة المنتجة متطلبات الجودة التى يتوقعها المستهلك عند الاستعمال فإنها تعتبر وحدة معيبة ، ويرجع ذلك إلى أن هناك العديد من الأنشطة التى تقع بين عملية التجميع وبين عملية البيع واستلام المستهلك النهائى للسلعة ، وهذه العمليات يمكن أن تؤثر بشكل ملحوظ على جودة المنتج ، وأول هذه الأنشطة هو ذلك الخاص بالتعبئة .

النقل : هناك بدائل كثيرة لنقل المنتجات إلى السوق مثل اللوارى ، السكك الحديدية ، النقل الجوى ، النقل البحرى ، وإختيار وسيلة ما من هذه الوسائل لا يؤثر فقط على التكلفة ، بل يؤثر أيضاً على جودة المنتج ، فتتعرض السلع التى تنتقل جوا إلى ضغط مرتفع أحيانا وإلى تغيرات فى درجة الحرارة ، أما النقل البرى بالسكك الحديدية أو اللوارى فقد يعرضا المنتجات إلى الاهتزاز والارتجاج ، هذا بالإضافة إلى كثرة عمليات التحميل والتفريغ .

ومن الواضح أن وسائل التعبئة المستخدمة وطرق النقل المتبعة لهما علاقة وآثار متبادلة فيما بينهما ، فالوحدات التى تشحن عن طريق وسائل النقل البرية تحتاج إلى حماية أكبر ، فى حين أن الشحن عن طريق الجو يتطلب تخفيض وزن العبوة إلى أقل درجة ممكنـــة ، وأياكانت نوع العبوة المستخدمة ووسيلة النقل المختارة ، فإن القرار يجب أن يدرس من حيث تأثيره على جودة المنتج ، وأن يتلاءم مع السياسة العامة للرقابة على الجودة فى المشروع .

التخزين : كثيراً ما تغفل أهمية هذا النشاط كأحد العوامل المحددة للجودة ، مع أن المنتج قد يكون على درجة معقولة من المتانة ومع ذلك فإن هناك حدوداً للمسافة او البعد الذى يمكن أن يسقط منه ، أو للارتفاع الذى يمكن أن يتحمله هذا المنتج أثناء تكدسه أو رصه ، كما أن هناك شروط أو قيود معينة على الظروف البيئية المحيطة التى يمكن أن يتسلمها ، وبالطبع كلما كان المنتج أقل متانة وأكثر رقة كلما زادت القيود الخاصة بدرجات الحرارة والرطوبة والغبار والضوء الذى يمكن أن يخزن فيه .

كذلك فإن هناك إرتباطاً بين عملية التخزين وعمليـة التعبئة ، فكلما زادت درجة الحماية التى تحققها العبوة للمنتج كلما قل احتمال تعرضه للتلف والفساد خلال فترة تخزينه ، وعموما فإنه بعـد كل المجهودات التى بذلت فى تصميم وتصنيع منتج ذو جودة مناسبة ، يكون من سوء التقدير أن يخسر المشروع كل ذلك نتيجة الإهمال فى عملية التخزين .

١٠ — ٥ اعتبارات التكلفـة .

أشرنا فى البداية الى أن للجودة تكلفتها ، وتريد المنشأة دائما أن تختـار برنامج الجودة الذى يعطى لها الأهمية المطلوبة ، بدون مغـالاة وبدون تقصير

فى نفس الوقت ، فإذا أعطت المنشأة إهتماماً ضعيفا للجـــودة ، فإن التكاليف الناتجة من أو الخاصة بأنشطة الجودة ستكون أقـل ما يمكن ، ولـكن التكاليف الناتجة من نقص وسوء الجودة ستكون عالية .

أما إذا أعطيت المنشأة ، اهتماماً زائداً ومغالى فيه للجودة، فإن العكس يكون صحيحا ، أى أن التكاليف الخاصة بنشاط الجودة ستكون عالية جـدا ، فى حين أن التكاليف الناتجة من نقص وسوء الجودة ستكون أقل ما يمكن ، وأفضل برنامج للجودة هو ذلك الذى يقاس أو يحدد فى ضوء أقل مجموع لهاتين التكلفتين وعادة ما يقع فى مكان ما بين هذين الاتجاهين المتناقضين .

وتتضمن التكاليف الخاصـة بأنشطة الجودة البنود المتعلقة بما يلى :

١ — تحقيق تصميم أفضل للمنتج .

٢ — تصميم أفضل المعدات والآلات .

٣ — الحصول على خامات أفضل .

٤ — توفير عمال أكثر مهارة وتدريبا .

٥ — توفير عمال لهم دوافع أقوى .

٦ — تحقيق تشغيل أكثر عناية ودقة فى العمليات .

٧ — فحص وتفتيش أفضل .

٨ — إهتمام أكثر بما بعد العمليات التصنيعية ، وذلك مثل أنشطة التعبئة والنقل والتخزين .

وإذا كانت التكاليف السابقة ترتفع كلما زادت درجة الاهتمام والتركيز بالجودة فى المشروع ، فإن التكاليف المتصلة المترتبة على نقص وسوء الجودة تنخفض كثيرا ، وتتضمن هذه التكاليف الأخيرة البنود التالية :

١ — سوء وتدهور سمعة المشروع .

٢ — انخفاض المبيعات .

٣ — زيادة المرتجعات والشكاوى .

٤ — كثرة الإصلاحات والتعديلات .

٥ — كثرة العادم والتالف .

٦ — هبوط الروح المعنوية بين العاملين .

٧ — كثرة القضايا القانونية والغرامات والعقوبات .

ويختلف برنامج الجودة الأمثل من صناعة لأخرى ، فبرنامج الجودة المثالى لمشروع ينتج الأدوية سيختلف كثيرا عن ذلك الخاص بانتاج اللعب ، كما أن ذلك البرنامج قد يختلف أيضاً بين المشروعات داخل نفس الصناعة الواحدة ، فبرنامج الجودة الخاص بشركة رولز رويس أو كاديلاك سيختلف عن ذلك الخاص بشركة شيفروليه .

المراجع العربية

- بحوث العمليات فى ميدان إدارة الإنتاج ، د. أحمد سرور محمد ، مكتبة عين شمس ، ١٩٦٥ .
- مقدمة فى بحوث العمليات ، د. حسين عطا غنيم ، دار الفكر العربى ، ١٩٨٣
- إدارة الإنتاج ، د. عاطف عبيد ، دار النهضة العربية ، ١٩٧٧ .
- إدارة الإنتاج ، د. شوقى حسين عبد الله ، دار النهضة العربية ، ١٩٧٩ .
- إدارة الإنتاج ، د. محمد شهيب ، دار الفكر العربى ، ١٩٧٩ .

المراجع الأجنبيه

- Buffa , Elwood S. Modern Production Management.- 5 th ed. N.Y. John wiley and Sons , 1977
- Chase , Richard B., and Aquilano , Nicholas J. Production and Operations Management. Rev. ed. Homewood, Ill. : Richard D. Irwin, Inc., 1977
- Taylor, Frederick W. The Principles of Scientific Management. N. Y. Harper & Bros., 1911